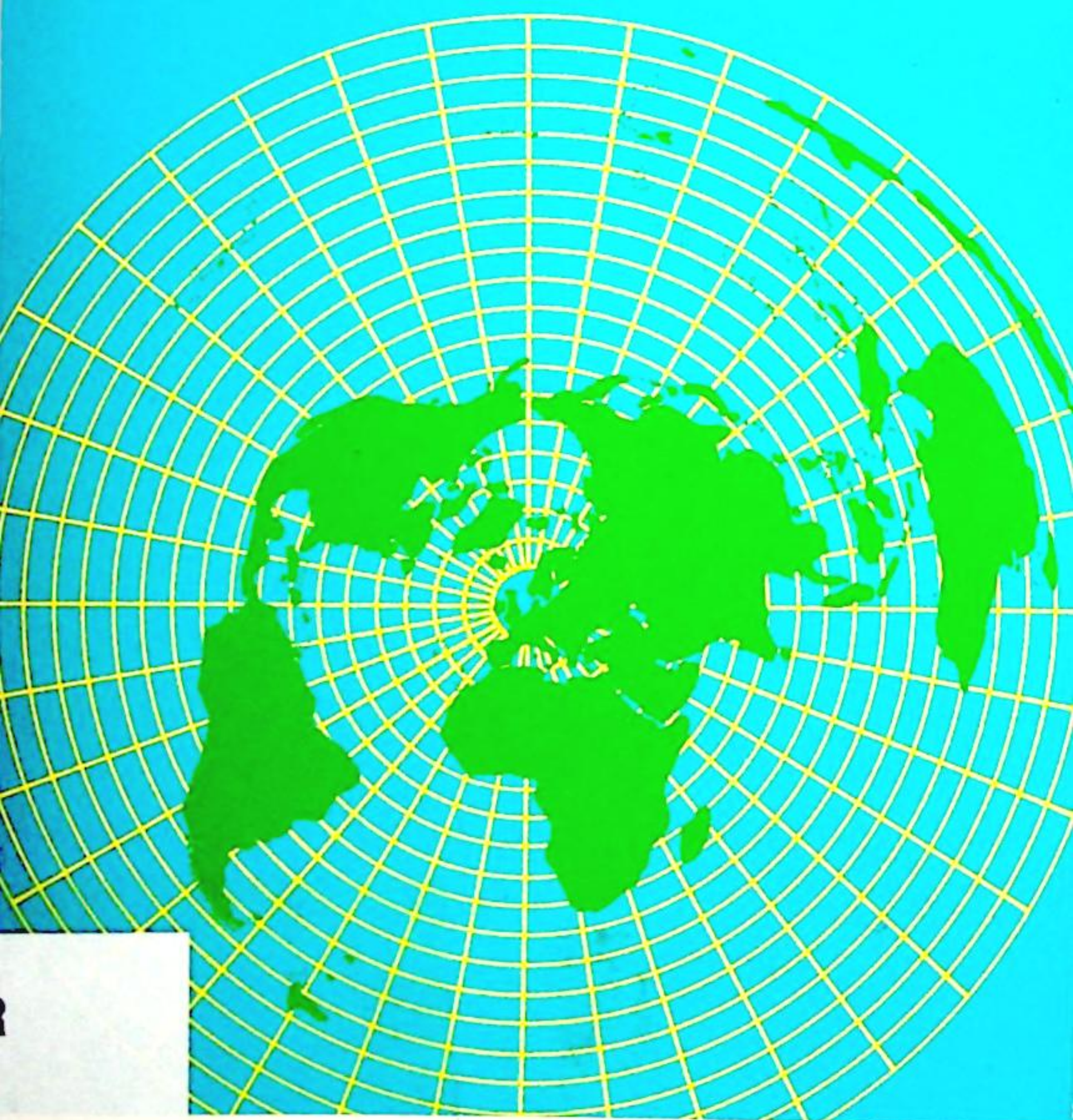
kortegolfgids

j. vastenhoud



Leader REEKS
KLUWER - DEVENTER

Kortegolfgids

door

J. VASTENHOUD

kader REEKS
KLUWER - DEVENTER

Dit boek bevat 135 pagina's en 70 figuren
U.D.C. nr. 621.396.029.6

ISBN 90 2010 735 6

VOORBERICHT

Natuurlijk klinkt de term „korte golf" U nog wel bekend in de oren, doch voor velen is het ermee samenhangende begrip al vervaagd tot een historische klank. Immers, in Europa beschikken we over zulke geperfectioneerde communicatiemedia dat de betekenis van de korte golf voor ons misschien tot onbeduidende proporties is teruggedrongen. De in Europa gegroeide situatie blijkt bij nadere beschouwing toch niet mondiaal van toepassing te zijn. In grote delen van de wereld is de betekenis van de middengolf beperkt tot die éne lokale of regionale zender die men kan opvangen, doch voor het wereldnieuws en voor actuele achtergrond-informatie is men aangewezen op de korte golf. In die streken – en dat zijn grote gebieden van Azië en Afrika, alsmede van Latijns Amerika – vervult de kortegolf-omroep als informatie- en verstrooiingsmedium een belangrijke rol. Het is ook niet te verwachten dat zij die rol snel zal verliezen. Immers, de lancering van een satelliet voor directe ontvangst in de huiskamer is technologisch voorlopig nog niet te realiseren, terwijl problemen van politieke en juridische aard de verwezenlijking wel eens zeer lang zouden kunnen uitstellen. Tot het zover is, blijft korte golf het enige wereldwijde, directe, persoonlijke en onmiddellijke communicatiemiddel tussen de volken op aarde.
Op het ogenblik zijn er meer dan 1300 kortegolfzenders in de lucht. De internationale kortegolf-omroepbanden, die samen slechts 2350 kHz van het totale spectrum bezetten, zijn dan ook drievoudig overbelast. En nog steeds stijgt de belangstelling voor korte golf, getuige het aantal nieuwe zenderparken dat in aanbouw is of binnenkort in gebruik zal worden genomen.
Waar al deze stations zich een min of meer gunstige plaats in de wereldether trachten te verwerven, doch alle zijn gebonden aan de natuurkundige wetten die de verplaatsing van de uitgezonden straling beheersen, is er enige kennis nodig om van het medium korte golf een nuttig gebruik te kunnen maken. Mede hierom werd dit gidsje voor kortegolf-land geschreven. De tekst is zo beknopt mogelijk gehouden, de formules zo eenvoudig mogelijk en de informatie zo volledig mogelijk, in de hoop dat U, na lezing van de aangeboden kennis en informatie, in staat zult zijn om Uw weg in het zo interessante hoogfrekwent-radiospectrum te vinden.

Putten, april 1974 J. Vastenhoud

INHOUD

1. GOLFLENGTEN EN FREKWENTIES

Radio zou niet mogelijk geweest zijn, als de elektromagnetische trilling niet de eigenschappen bezat om zich te verplaatsen. Dit verschijnsel werd voor het eerst in 1887 aangetoond door Heinrich R. Hertz, een jong Duits natuurkundige. Men kan die verplaatsing vergelijken met de golfbewegingen die ontstaan wanneer men een steen in een vijver gooit; in principe breidt de ontstane verstoring van het gladde wateroppervlak zich vanuit de storingsbron uit naar alle kanten. De snelheid van de verplaatsing hangt af van de eigenschappen van het medium, in dit geval dus het water. Men heeft nu één complete golf, die bestaat uit een „berg" plus een „dal" en is getekend in fig. 1, de naam gegeven van „golflengte".
Behalve het begrip golflengte, is er ook nog behoefte aan een eenheid, die het aantal golflengten geeft dat per seconde de bron verlaat. Men kan dit op eenvoudige wijze berekenen door de weg te meten die de eerste uitgezonden golf heeft afgelegd, en die te delen door de golflengte. Is deze weg bijvoorbeeld 5 meter en was de lengte van één golf 25 centimeter, dan zijn er dus
$\frac{500}{25}$ = 20 golflengten per seconde uitgezonden. Men duidt dit gewoonlijk aan met het woord „frekwentie". De frekwentie was 20 golflengten per seconde, of 20 trillingen per seconde. De eenheid „trillingen per seconde" wordt in de natuurkunde de hertz (naar Heinrich Hertz) genoemd. De eenheid wordt afgekort als Hz.

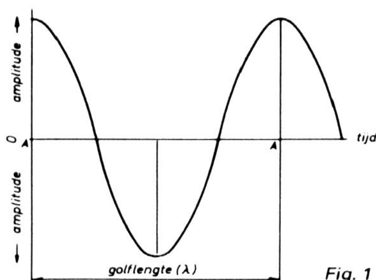


Fig. 1

De verplaatsing van de elektromagnetische golf door de lucht gaat veel sneller dan de oppervlakteverstoring van water zich uitbreidt. Zo zal een radiosignaal

in één seconde circa 300 000 kilometer verplaatst zijn. Heeft men dan een golflengte van 300 meter, dan is de bijbehorende frekwentie derhalve

$$\frac{300\,000 \times 1000}{300} = 1\,000\,000$$ hertz, ofwel 1000 kilohertz (kHz), ofwel één megahertz (één miljoen hertz, 1 MHz).

Men vindt dus de frekwentie door de voortplantingssnelheid te delen door de golflengte. Omgekeerd vindt men de golflengte door de voortplantingssnelheid (300 000 km/s) te delen door de frekwentie.

Voor het kortegolfgebied, waar de frekwenties gewoonlijk in MHz worden uitgedrukt, is de gemakkelijkste omrekenformule:

golflengte (m) × frekwentie (MHz) = 300

De golflengten die voor radiotransmissie worden gebruikt zijn bij internationale overeenkomst ingedeeld in verschillende frekwentiegebieden. Zo kent men onder andere:

Tabel 1

Frekwentiebereik	Engelse afkorting	Aanduiding
30–300 kHz	LF	lage frekwenties
300–3000 kHz	MF	middenfrekwenties
3000–30 000 kHz (3–30 MHz)	HF	hoge frekwenties
30–300 MHz	VHF	zeer hoge frekwenties
300–3000 MHz	UHF	ultra hoge frekwenties
3000–30 000 MHz (3–30 GHz)	SHF	super hoge frekwenties
30–300 GHz	EHF	extreem hoge frekwenties

Zo kan men de middengolfstations dus klassificeren in het MF-bereik, de kortegolfstations in het HF-bereik, terwijl de FM-radio zich in het VHF-gebied bevindt. De VHF-televisiestations vindt men tussen 41 en 68 MHz en tussen 174 en 223 MHz. In het UHF-bereik is het frekwentiegebied tussen 470 en 960 MHz eveneens aan de omroep toegewezen. Hierin treft men dus de UHF-televisiekanalen aan.

Het merkwaardige van de verplaatsing of voortplanting (propagatie) van radiogolven is nu, dat het gedrag zich met de frekwentie wijzigt. Men ondervindt dit dagelijks: middengolfstations met een beperkte reikwijdte overdag, blijken 's avonds en 's nachts op een veel grotere afstand nog hoorbaar, terwijl FM- en TV-stations onder normale omstandigheden slechts ontvangbaar zijn tot de optische horizon.

Het hoogfrekwent-bereik neemt in deze groepen eigenlijk een bijzondere plaats in.

Doordat hoog in de lucht zgn. reflecterende lagen aanwezig zijn, is het bij een juiste keuze van de golflengten in dit bereik mogelijk om zeer grote afstanden te overbruggen; tot 20 000 km toe en soms wel de aarde rond. Deze omstandigheid maakt kortegolf dus belangrijk voor verre-afstandsverkeer: wereldwijde radio-communicatie voor direkte ontvangst in de huiskamer is niet anders dan met gebruik van korte golven op redelijk economische wijze te bereiken!
Het is geen wonder dat er voor het HF-bereik door vele frekwentie-gebruikers een grote belangstelling bestaat, en zo treft men er dus, behalve de omroep en de amateurs: kuststations, commercieel verkeer van het ene PTT-station naar het andere, mobiel verkeer, luchtvaart enz.
De interesse van de meeste luisteraars gaat, voor zover het de korte golf betreft, uit naar de omroepbanden en/of naar de amateurbanden.
Daarom zijn in tabel 2 een tweetal overzichten opgenomen, waarin de toewijzing van de verschillende frekwentiebereiken binnen 'en in beperkte zin ook buiten'

Tabel 2
Overzicht van de omroepbanden tussen 2 en 30 MHz

Frekwentie (kHz)	Golflengte-band (m)	Opmerkingen
2300–2498	120	tropenband
3200–3400	90	tropenband
3950–4000	75	niet in Amerika
4750–4995	60	tropenband
5005–5060	60	tropenband
5950–6200	49	wereldwijd
7100–7300	41	niet in Amerika
9500–9775	31	wereldwijd
11 700–11 975	25	wereldwijd
15 100–15 450	19	wereldwijd
17 700–17 900	16	wereldwijd
21 450–21 750	13	wereldwijd
25 600–26 100	11	wereldwijd

Overzicht van de amateurbanden tussen 2 en 150 MHz

Frekwentie (kHz)	Golflengte-band (m)	Opmerkingen
3500–4000	80	buiten region 1: 3500–3800
7000–7100	40	in Amerika: 7000–7300 kHz
14 000– 14 250	20	wereldwijd
21 000– 21 450	15	wereldwijd
28 000– 29 700	10	wereldwijd
50 000– 54 000	6	alleen buiten region 1
144 000–146 000	2	wereldwijd

het golflengtegebied van 100 tot 10 meter voor de omroep- en de amateurbanden is gespecificeerd.
Wie de moeite neemt om de verschillende frekwentiegebiedjes met elkaar te vergelijken, komt snel tot de ontdekking dat de gemiddelde bandbreedte circa 200 kHz is, maar dat de 19 meter band aanzienlijk breder is: ca 350 kHz. Dit is dan ook één van de belangrijkste kortegolf-omroepbanden. Ook de 13 en de 11 meter zijn relatief breed, doch hier zal later blijken dat de bruikbaarheid van frekwenties in deze bereiken veel minder universeel is dan van b.v. de 19 meter band.
De hierboven geschetste verdeling van de frekwentiebanden is niet zonder moeite tot stand gekomen. Daarvan getuigt het korte historisch overzicht waarmee het volgende hoofdstuk begint.

2. VERLEDEN EN HEDEN

Het draadloos overbrengen van signalen is een verschijnsel dat, ook nog heden ten dage, voor velen een raadsel is. Voor Guigliemo Marconi, de grondlegger van de radio, moet het een overweldigend moment zijn geweest toen hij, nauwelijks twintig jaar oud, in 1894 ontdekte dat hij, door middel van het activeren van zijn „zender" in staat was om enkele kamers verder een bel te laten rinkelen. Dat was in het buitenverblijf van zijn vader nabij Bologna. Het was Marconi zelf die, bezeten als hij was door de mogelijkheden van zijn ontdekking, naarstig verder zocht naar de voorwaarden waaraan moest worden voldaan om de overbrugde afstand van het signaal te vergroten. In het voorjaar van 1899 seinde hij van Frankrijk over het Kanaal naar Engeland en reeds in 1901 slaagde hij er in om vanuit Poldhu, een plaats in Cornwall, de 4000 km naar New Foundland te overbruggen.

De golflengte die Marconi gebruikte, is niet bekend. Vermoedelijk was er helemaal geen sprake van één golflengte, maar van een heel golflengtebereik. Immers, niemand bekommerde zich over golflengten; de hele band was immers leeg!

De stormachtige groei van de telecommunicatie kan op verschillende wijzen worden getypeerd. In 1906 was er reeds een internationale conferentie van de ITU, de „International Telecommunications Union", waarin voor het eerst over de draadloze communicatie werd gesproken. 29 landen namen deel aan deze „First International Radiotelegraph Conference": de ingenieurs van PTT's uit alle landen die samen kwamen tot de eerste grondregels voor de radio. Ze werden de Radio Regulations genoemd, en betroffen voornamelijk gedragsregels. Toch was er, voor het eerst, ook sprake van de verdeling van de beschikbare frekwenties. Zo werden de kuststations met een bereik van meer dan 800 km verwezen naar frekwenties beneden 188 kHz, dat zijn golflengten van 1600 meter of meer. Het frekwentiebereik tussen 188 kHz en 500 kHz was ook al bekend, doch werd gereserveerd voor radiodiensten die niet voor het publiek in gebruik waren.

Aan radio-omroep dacht op dat moment waarschijnlijk nog niemand.

De sterke groei van het aantal kuststations maakte al snel een nieuwe conferentie noodzakelijk, en deze werd in 1912 dan ook in Londen gehouden. Op dat moment waren er al bijna 500 kuststations – die alle met morse werkten –, alsmede tegen de 3000 scheepszenders. Tijdens de conferentie werden

afspraken gemaakt over de verdeling van de frekwenties tot boven de 2000 kHz. Dit bereik was bestemd voor radiobakens.

De eerste van wat men de „moderne" telecommunicatie-conferenties zou kunnen noemen, werd in 1927 te Washington gehouden. Er waren vertegenwoordigers van 80 landen, 64 ondernemingen uit de wereld van de telecommunicatie en omroep-organisaties.

Washington was in meer opzichten een mijlpaal. Er werd een comité gevormd dat zich, vanaf dat moment, met de verschillende ontwikkelingen op radiogebied heeft beziggehouden: de CCIR of „Comité Consultatif International des Radiocummunications". Dit lichaam heeft vele aanbevelingen gedaan en werkt, verdeeld over verschillende studiegroepen, aan vrijwel alle terreinen van de radiocommunicatie: radio-astronomie, ionosferische propagatie, omroep, televisie, ruimte-onderzoek, mobiele diensten, ontvangers enz.

Ook werd in Washington het radiospectrum boven de 3 MHz (golflengten korter dan 100 meter) verdeeld. Iedereen was inmiddels overtuigd geraakt van de noodzaak van toewijzingen van bepaalde frekwentiebanden aan bepaalde diensten. De amateurs hebben in het bereik boven de 3 MHz een niet onaanzienlijke frekwentie-toewijzing in wezen te danken aan de belangrijke rol die vroegere amateurs bij de exploratie van deze frekwenties hebben gespeeld. De belangstelling voor radio is, ook ná 1927, snel gegroeid.

Teneinde de ontwikkelingen bij te houden, moesten steeds weer nieuwe conferenties worden uitgeschreven: Madrid 1932, Cairo 1938, Atlantic City (USA) 1947, Mexico City 1949, Genève 1959.

De interne frekwentie-verdeling van de kortegolf-omroepbanden heeft vanaf 1947 in deze conferenties een belangrijke rol gespeeld.

Reeds toen was de „frekwentie-ruimte", die aan de kortegolf-omroep ten deel viel, bedenkelijk vol en voldeed het systeem van centrale melding aan het Bureau van de ITU in Bern niet langer. Men heeft toen, op basis van de destijds bekende aanvragen van radiostations, besloten een schema op te stellen voor de verdeling van deze frekwenties; een planning op lange termijn dus. De problemen die zich voordeden waren legio: enerzijds moest rekening worden gehouden met de periodieke wijzigingen in de kortegolf-overdrachtscondities, die het gebruik van de verschillende kortegolfbanden beïnvloeden, anderzijds stegen de wensen van de omroep-organisaties gestaag en kwamen er ook steeds meer nieuwe omroepen bij. Weliswaar werd er op de conferentie van Mexico City een plan aangeboden dat voldeed aan de eisen, doch dit plan was slechts voor één gemiddelde situatie geldig.

Gedurende de jaren daarna hebben verschillende „comitees" van de ITU zich bezig gehouden met de planning voor een redelijke en storingsvrije verdeling van de kortegolf-omroepbanden, doch tijdens de volgende en laatste internationale conferentie te Genève in 1959 bleek dat de groei van de aanvragen het maximaal beschikbare aanbod had overtroffen: er kon geen meerderheid meer worden gevonden.

Men is toen, ten slotte, afgestapt van de planning op lange termijn en heeft besloten tot een frekwentie-coördinatie op korte termijn, die bekend geworden is als de „Artikel tien" procedure.
Artikel X van de Radio Regulations is exclusief van toepassing om de omroepbanden tussen 5950 en 26 100 kHz, dat zijn de kortegolf-banden van 49 tot en met 11 meter. Iedere „Administratie" (dat is de landelijk overkoepelende organisatie voor telecommunicatie; in Nederland de PTT) is verplicht om vier maal per jaar de geplande zendschema's op te geven van de radiostations in haar rayon. Deze zendschema's moeten resp. gelden voor de periodes maart en april, mei tot en met augustus, september en oktober, alsmede november tot en met februari. Dit zijn de zgn. radioseizoenen die meer bekend zijn onder de namen: winterseizoen, zomerseizoen en equinox-seizoenen. Tijdens de zomer- en de winterperiodes is de kortegolf-overdracht (propagatie) redelijk stabiel, doch tijdens de tussenliggende periodes van 2 maanden verandert zij snel.
De geplande zendschema's moeten enige tijd vóór het begin van elk seizoen worden ingezonden naar een centraal bureau in Genève, waar de gegevens dan worden verwerkt in een boek, dat „Tentative High Frequency Broadcasting Schedule" heet en vóór het begin van elk seizoen aan de leden-administraties en de omroepen wordt toegezonden. Een ieder kan dus tijdig van het verwachte frekwentiegebruik van alle kortegolf-radiostations die tot de ITU behoren kennis nemen. Nu is ieder land dat lid is van de Verenigde Naties, tevens lid van de ITU, zodat de verzamellijst van opgezonden gegevens niet volledig is. Toch is dit het stuk waar vele omroepen mee werken, met name wanneer het erom gaat om, in de veelheid van frekwenties, toch nog een redelijk vrij kanaal te zoeken.
De Artikel X procedure heeft niet geleid tot het oplossen van de groeiende problemen in de kortegolf-omroep, maar zij heeft wèl enige orde gebracht in de situatie en biedt het voordeel van een werkelijk inzicht in het geplande frekwentiegebruik van een groot aantal stations. Geleidelijk aan worden planning en werkelijkheid ook nauwer aan elkaar gerelateerd, zoals blijkt uit rapporten van luisterstations die met professionele apparatuur de kortegolfbanden uitluisteren. Deze zgn monitorstations zijn, ook voor de ITU, een bron van gegevens.
De congestie in de kortegolf-omroepbanden is sinds 1959 sterk toegenomen. Weliswaar hebben vele technici óók geleerd op welke wijze zij, met zo min mogelijk storing, in de gewenste ontvangstgebieden een redelijk signaal kunnen brengen, maar de algemene opinie onder de kortegolf-omroepstations is zeker dat men geleidelijk aan de technische eisen verlaagt en nog steeds bezig is deze verder te verlagen. Er wordt dus allerwege gezocht naar oplossingen om de zeer beperkte toewijzingen aan kortegolfomroep in het hoogfrekwente (kortegolf-) spectrum wat te verruimen.
Thans zijn 2350 kHz frekwentieruimte aan de kortegolfomroep toegewezen. Andere gebruikers hebben in absolute of in relatieve zin veel meer frekwentie-

ruimte, zoals blijkt uit tabel 3, waar de verschillende radiodiensten zijn opgesomd. De omroep heeft sinds de totstandkoming van deze verdeling sterk aan belangrijkheid gewonnen, met name in die landen waar FM-radio en -televisie nog niet of nog niet in voldoende mate zijn doorgedrongen. En dat zijn grote gebieden in Azië, Afrika en Latijns-Amerika.

Tabel 3

Toewijzing van spectrumruimte in het frekwentiegebied tussen 3 en 30 MHz, zoals vastgelegd in de Radio Regulations voor Region 1 (Europa, Afrika, Aziatisch Rusland).

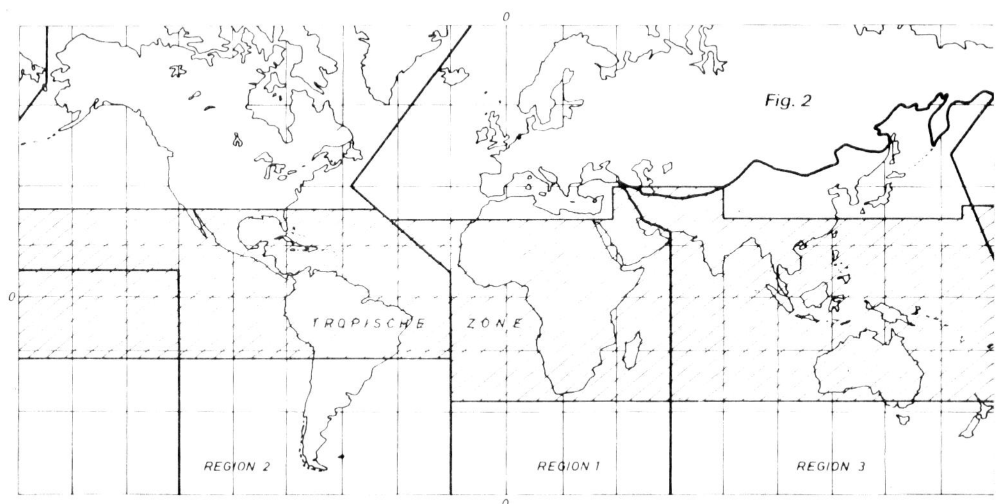
	Exclusief toegewezen spectrumruimte kHz	Deelname in spectrumruimte voor meervoudig gebruik kHz
Vaste diensten	10 178	5327
Mobiele maritieme diensten	3855	
Mobiele luchtvaartdiensten	1840	1417
Mobiele landdiensten		2215
Mobiele diensten, excl. luchtvaart		2707
Mobiele diensten, incl. luchtvaart		300
Omroep	2350	50
Tropische omroep		500
Amateurs	1600	300
Standaard-frekwenties	56	24
Meteorologische hulpdiensten		500
Radio-astronomie	20	

Uit tabel 3 kan worden afgelezen dat de vaste diensten verreweg de grootste frekwentieconsument zijn. Deze diensten dienen o.a. voor het commerciële telefonieverkeer, persberichten e.d. Een groot deel van dit verkeer wordt thans al via zeekabels en satellieten geleid, zodat er – hopelijk – frekwentieruimte in de hoogfrekwentband beschikbaar komt, waarvan een deel aan de omroep ten goede kan komen. Er zal echter een nieuwe Administratie Radio Conferentie nodig zijn om de noodzakelijke goedkeuringen van de ITU-leden te verkrijgen, waarna de parlementen van de deelnemende landen de wijzigingen nog moeten goedkeuren.

Men kan zich afvragen waarom de frekwentietoewijzingen voor de verschillende gebruikers zo over het totale spectrum gespreid zijn. De reden hiervan is dat de kortegolfoverdracht wordt beïnvloed door een groot aantal factoren en dat van uur tot uur aanpassing van de gebruikte golflengte nodig kan zijn. Zo zullen, voor gemiddelde trajecten, de overdag gebruikte frekwenties veel hoger zijn dan de nachtfrekwenties, met name tijdens de winter.

De spreiding is dus nodig, teneinde voldoende flexibiliteit in het gebruik te garanderen.

Behalve de omroep en de vaste diensten, treft men de mobiele diensten, die - vooral in de lagere banden - vaak zijn gecombineerd met b.v. de maritieme radiodiensten. De luchtvaart staat, vanwege haar grote afhankelijkheid van radioverkeer, vrijwel steeds apart.
In tabel 4 komen ook standaard-frekwenties voor. Deze komt men tegen op 2500 kHz, 5000 kHz, 10 000 kHz enz. Op deze frekwenties werken stations als het bekende WWV van het Amerikaanse National Bureau of Standards, die op exacte frekwenties werken, de exacte tijd uitzenden en andere referentiesignalen voeren. Amateurs en kortegolfluisteraars gebruiken deze stations geregeld, o.a. voor het ijken van de afstemschaal van de ontvanger.
Het overzicht van de frekwentietoewijzingen zou wellicht het beste kunnen worden beperkt tot het hoogfrekwente spectrum, dat is het frekwentiebereik van 3 tot 30 MHz (3000–30 000 kHz) overeenkomende met golflengten van 100 tot 10 meter. Het is echter bekend dat vele kortegolfluisteraars, met name gedurende de winteravonden, graag een poging wagen om eens naar de „tropenbanden" te



luisteren, waar omroepstations werken die zich in de tropische gordel van de aarde bevinden. Aangezien deze stations mede werken op frekwenties beneden 3 MHz, is voor het overzicht 2 MHz als onderste grens gekozen. De tropische zone strekt zich ruwweg uit tussen 30° NB en 30° ZB. De exacte begrenzing is te zien in fig. 2. In deze figuur is ook te zien dat de wereld is opgedeeld in drie „regions". Nederland ligt in region 1. De frekwentietoewijzingen in de beide overige regions zijn hier en daar afwijkend, vooral in de lagere frekwenties. Dit zal vermoedelijk zijn veroorzaakt doordat vroeger ieder land zelfstandig de beschikbare frekwentieruimte naar eigen goeddunken verdeelde; een zaak waar in 1927 voor het eerst verandering in kwam.

Tabel 4 ✶

Frekwentietoewijzingen tussen 2 en 30 MHz voor radiodiensten in Region 1, zoals vastgelegd in de Radio Regulations

Frekwentiebereik (kHz)	Toegewezen aan
2000 – 2045	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten
2045 – 2065	meteorologische hulpdiensten
	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten
2065 – 2170	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten (a)
2170 – 2194	mobiele diensten (noodgolf en roepband)
2194 – 2300	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten (a)
2300 – 2498	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten (a)
	omroep (tropenband)
2498 – 2502	standaard-frekwentie
2502 – 2625	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten (a)
2625 – 2650	mobiele maritieme diensten
	maritieme radionavigatie
2650 – 2850	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten (a)
2850 – 3025	mobiele luchtvaartdiensten (a)
3025 – 3155	mobiele luchtvaartdiensten (b)
3155 – 3200	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten (a)
3200 – 3230	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten (a)
	omroep (tropenband)

Frekwentiebereik (kHz)	Toegewezen aan
3230 – 3400	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten
	omroep (tropenband)
3400 – 3500	mobiele luchtvaartdiensten (a)
3500 – 3800	amateurs
	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten
3800 – 3900	vaste diensten
	mobiele luchtvaartdiensten (b)
	mobiele landdiensten
3900 – 3950	mobiele luchtvaartdiensten (b)
3950 – 4000	vaste diensten
	omroep
4000 – 4063	vaste diensten
4063 – 4438	mobiele maritieme diensten
4438 – 4650	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten (a)
4650 – 4700	mobiele luchtvaartdiensten (a)
4700 – 4750	mobiele luchtvaartdiensten (b)
4750 – 4850	vaste diensten
	mobiele luchtvaartdiensten (b)
	mobiele landdiensten
	omroep (tropen)
4850 – 4995	vaste diensten
	mobiele landdiensten
	omroep (tropen)
4995 – 5005	standaard-frekwentie
5005 – 5060	vaste diensten
	omroep (tropen)
5060 – 5250	vaste diensten
5250 – 5430	vaste diensten
	mobiele landdiensten
5430 – 5480	vaste diensten
	mobiele luchtvaartdiensten (b)
	mobiele landdiensten
5480 – 5680	mobiele luchtvaartdiensten (a)
5680 – 5730	mobiele luchtvaartdiensten (b)

Frekwentiebereik (kHz)	Toegewezen aan
5730 – 5950	vaste diensten
5950 – 6200	omroep
6200 – 6525	mobiele maritieme diensten
6525 – 6685	mobiele luchtvaartdiensten (a)
6685 – 6765	mobiele luchtvaartdiensten (b)
6765 – 7000	vaste diensten
7000 – 7100	amateurs amateur-satelliet
7100 – 7300	omroep
7300 – 8195	vaste diensten
8195 – 8815	mobiele maritieme diensten
8815 – 8965	mobiele luchtvaartdiensten (a)
8965 – 9040	mobiele luchtvaartdiensten (b)
9040 – 9500	vaste diensten
9500 – 9775	omroep
9775 – 9995	vaste diensten
9995 – 10 005	standaard-frekwentie
10 005 – 10 100	mobiele luchtvaartdiensten (a)
10 100 – 11 175	vaste diensten
11 175 – 11 275	mobiele luchtvaartdiensten (b)
11 275 – 11 400	mobiele luchtvaartdiensten (a)
11 400 – 11 700	vaste diensten
11 700 – 11 975	omroep
11 975 – 12 330	vaste diensten
12 330 – 13 200	mobiele maritieme diensten
13 200 – 13 260	mobiele luchtvaartdiensten (b)
13 260 – 13 360	mobiele luchtvaartdiensten (a)
13 360 – 14 000	vaste diensten
14 000 – 14 250	amateurs amateur-satelliet
14 250 – 14 350	amateurs
14 350 – 14 990	vaste diensten
14 990 – 15 010	standaard-frekwentie
15 010 – 15 100	mobiele luchtvaartdiensten (b)
15 100 – 15 450	omroep
15 450 – 16 460	vaste diensten
16 460 – 17 360	mobiele maritieme diensten
17 360 – 17 700	vaste diensten
17 700 – 17 900	omroep
17 900 – 17 970	mobiele luchtvaartdiensten (a)

Frekwentiebereik (kHz)	Toegewezen aan
17 970 – 18 030	mobiele luchtvaartdiensten (b)
18 030 – 18 052	vaste diensten
18 052 – 18 068	vaste diensten (ruimte-onderzoek)
18 068 – 19 990	vaste diensten
19 990 – 20 010	standaard-frekwentie
20 010 – 21 000	vaste diensten
21 000 – 21 450	amateurs
	amateur-satelliet
21 450 – 21 750	omroep
21 750 – 21 850	vaste diensten
21 850 – 21 870	radio-astronomie
21 870 – 22 000	vaste luchtvaartdiensten
	mobiele luchtvaartdiensten (a)
22 000 – 22 720	mobiele maritieme diensten
22 720 – 23 200	vaste diensten
23 200 – 23 350	vaste luchtvaartdiensten
	mobiele luchtvaartdiensten (b)
23 350 – 24 990	vaste diensten
	mobiele landdiensten
24 990 – 25 010	standaard-frekwentie
25 010 – 25 070	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten
25 070 – 25 110	mobiele maritieme diensten
25 110 – 25 600	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten
25 600 – 26 100	omroep
26 100 – 27 500	vaste diensten
	mobiele diensten, uitgezonderd de mobiele luchtvaartdiensten
27 500 – 28 000	meteorologische hulpdiensten
28 000 – 29 700	amateurs
	amateur-satelliet
29 700 – 30 005	vaste diensten
	mobiele diensten
30 005 – 30 010	satelliet-indentificatie
	ruimte-onderzoek
	vaste diensten
	mobiele diensten

Opmerkingen:

1. De meeste frekwentietoewijzingen boven 5000 kHz zijn op wereldwijde basis. Een belangrijke uitzondering hierop is het frekwentiegebied van 7100–7300 kHz, dat in Region 2 (Amerika) is toegewezen aan de amateurs.

2. De mobiele luchtvaartdiensten die zijn voorzien van de indicatie (a) zijn gereserveerd voor verkeer tussen vliegtuigen onderling, alsmede voor verkeer tussen vliegtuigen en luchthavens, en dienen primair voor de veiligheid en de vluchtbegeleiding in nationale en internationale luchtwegen.
De mobiele luchtvaartdiensten die zijn voorzien van de indicatie (b) zijn gereserveerd voor het overige radioverkeer.

3. De banden van 2,3–2,5 MHz, 3,2–3,4 MHz en 4,75–5,06 MHz zijn uitsluitend aan de omroep toegewezen in de tropische zone. Buiten deze zone gelden de overige toewijzingen.

4. Detailafwijkingen van de frekwentietoewijzingen, die in sommige gevallen op nationale basis voorkomen, zijn uit het overzicht weggelaten.

3. DE IONOSFEER, KORTEGOLF-PROPAGATIE

Door de zendantenne wordt aan de atmosfeer van de aarde een elektromagnetisch veld afgestaan, dat zich vervolgens met de lichtsnelheid (ca. 300 000 km/s) zal verplaatsen. Tijdens deze voortplanting of ,,propagatie'' van de golf zijn daarop allerlei invloeden werkzaam die de intensiteit van het veld verzwakken. De magnetische component van het uitgestraalde elektromagnetische veld plant zich evenwijdig met het aardoppervlak voort, onder behoud van het contact met de grond. De verzwakking van dit veld treedt dan ook, behalve door verspreiding

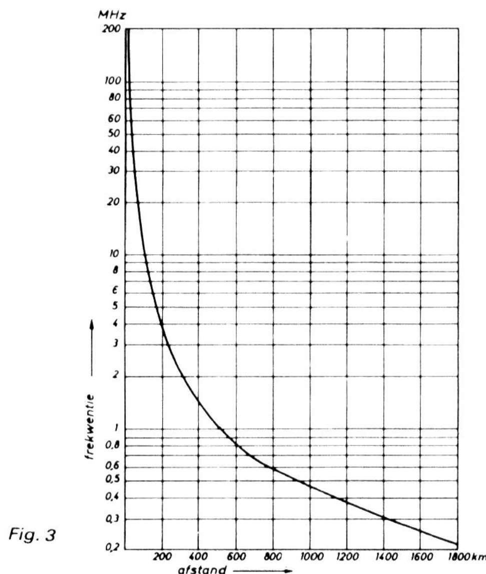


Fig. 3

van de energie over een grotere oppervlakte naarmate de golf verder van de zendantenne komt, voornamelijk op door de matige grondgeleiding. Over zeewater of grote oppervlakten zoet water, is de verzwakking aanzienlijk minder dan over droge grond of over rotsachtig terrein. Dat er ook een duidelijk verband bestaat tussen de gebruikte frekwentie en het bereik van deze zgn. grondgolf,

blijkt uit fig. 3. Waar voor de lage frekwenties in de middengolf nog een bereik geldt van ca. 800 km over gemiddeld terrein, is dit voor de hoge frekwenties (b.v. 200 m, $1^1/_2$ MHz) al teruggelopen tot ca. 400 km.
Dat de geleidbaarheid van de aardoppervlakte een grote rol speelt, blijkt wel uit het feit dat, onder zeer gunstige omstandigheden, de zender Hilversum 1 (402 m, 746 kHz) wel is gehoord in Nieuw Zeeland. De volgens de grafiek geldende reikwijdte bedraagt echter ca. 640 km.
Gaat men, b.v. met een globe, na van welk traject tussen Nederland en Nieuw Zeeland de maximale lengte over water loopt, dan moet men concluderen dat het ontvangen signaal een afstand van meer dan 20 000 km had overbrugd.
Uit fig. 3 blijkt tevens dat de betekenis van de grondgolf voor kortegolf-ontvangst niet van veel betekenis is: de reikwijdte (gemeten in kilometers) ervan is globaal gelijk aan de golflengte, aangegeven in meters.
Overigens moet over fig. 3 nog worden opgemerkt dat deze het maximale bereik over een „gemiddeld" aardoppervlak geeft. In Europa is het bereik van middengolfzenders, door gebruik van dezelfde frekwentie door meer dan één station, al beduidend minder.
De elektrische component van het elektromagnetische veld wordt, bij de meeste kortegolfantennes, horizontaal afgestraald. Men zegt dan dat de straling horizontaal is gepolariseerd. De magnetische component is dan, omdat de beide velden loodrecht op elkaar staan, verticaal gepolariseerd.
Voor de propagatie van deze horizontaal gepolariseerde zgn. ruimtegolf wordt, voor de korte golf, gebruik gemaakt van de reflecterende eigenschappen die bepaalde, hoog in de lucht aanwezige, geïoniseerde lagen op de uitgezonden straling hebben.
Het is voor een goed begrip van de kortegolf-propagatie en de vele mogelijkheden die zij biedt, noodzakelijk om een goed beeld te hebben van de opbouw van deze lagen en de variabelen die van invloed zijn op de mate waarin ionisatie optreedt.
De luchtdruk, die nabij het aardoppervlak ca. 1 atmosfeer bedraagt, neemt boven het aardoppervlak snel af. Dit betekent dat, bij toenemende hoogte, de lucht steeds ijler wordt, om ten slotte over te gaan naar de interplanetaire ruimte, waar een vrijwel volledig vacuüm heerst.

In feite betekent dit dat de luchtmoleculen zich bij toenemende afstand tot de aarde gemiddeld steeds verder van elkaar bewegen. De moleculen zijn samengesteld uit atomen en in lucht komen voornamelijk atomen voor van stikstof, zuurstof en waterstof. Deze atomen zijn weer opgebouwd uit een kern, waaromheen zich, op relatief grote afstand, elektronen bewegen. Denkt men zich b.v. de kern ter grootte van een speldeknop, dan is de ijlheid van het atoom voor te stellen door de elektronen daaromheen in ongeveer cirkelvormige banen van 1 meter diameter te denken.
De elektronen blijven in hun banen tengevolge van een elektrisch ladingsverschil. De kern bevat evenveel eenheden positieve lading als er elektronen zijn, waardoor het atoom elektrisch neutraal is.

Splitst zich een elektron van het atoom af, dan vormt dit een zelfstandige negatieve lading, terwijl het atoom deze negatieve lading te kort komt en dus een positieve lading krijgt. Het incomplete atoom, dat nu dus resteert en dat elektrisch geladen is, heet ,,ion''.
Een ion kan óók worden gevormd doordat een atoom één of meer elektronen opneemt. In dat geval is het ion dus negatief geladen.
De ionisatie, het proces dus dat ionen worden gevormd, komt tot stand door toevoering van energie. In de ijle luchtlagen treedt ionisatie op tengevolge van de straling van de zon. Het zijn vooral het ultraviolette licht en de zachte röntgenstraling van het zonnespectrum, die ionisatie in de ijle luchtlagen veroorzaken.

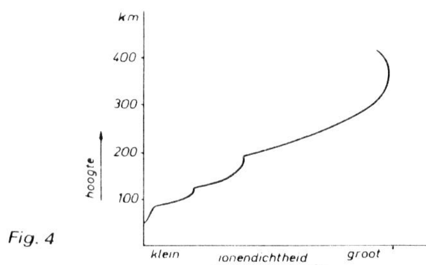


Fig. 4

Beziet men nu in fig. 4 hoe de ionendichtheid er bij verschillende hoogten overdag uitziet, dan blijkt dat er in de kromme lijn enkele maxima zijn aan te geven die b.v. bij ca. 100, 200 en 400 km optreden. We kunnen dus, boven de aarde, zones aanwijzen waar de dichtheid aan ionen (en dus ook aan vrije elektronen) groter is dan op omringende hoogten. Deze zones heten ,,ionosfeerlagen''. Aan het begin van deze eeuw werd als eerste de Heaviside-laag ontdekt. Deze heet nu E-laag. Later ontdekte Appleton op grotere hoogte een geïoniseerde zone die van veel grotere intensiteit is en die van groot belang zou blijken te zijn voor de kortegolfoverdracht: de F-laag.

De hoogten van de verschillende ionosfeerlagen variëren nog met de breedtegraad op aarde en met het seizoen (fig. 5).
Aangezien de zonnestraling 's nachts afwezig is, en daarmee de bron van de ionisatie vervalt, zullen de verschillende lagen 's nachts, door recombinatie van ionen en elektronen tot (ongeladen) atomen, oplossen. Voor de dichtst bij de aarde gelegen lagen, waar de lucht nog niet zo ijl is, gebeurt dit het snelst; zo zal de D-laag zeer snel na zonsondergang verdwijnen, terwijl de E-laag enkele uren later volgt. De overdag gevormde F_1 en F_2-lagen voegen zich samen tot de F-laag, waarvan de ionisatie weliswaar afneemt, doch gedurende de nachtelijke uren niet verdwijnt. Kortegolf-overdracht is vrijwel geheel op de F_2-laag aangewezen. De antennestraling moet echter de lager aanwezige ionosfeerlagen passeren voordat de F_2-laag kan worden bereikt. Daarbij treedt zowel absorptie als verstrooiing

van energie op, en in een enkel geval – bij een slechte keuze van de frekwentie – zelfs E-laag-reflectie.

In fig. 5 is, naast de regelmatig voorkomende D-, E-, F_1- en F_2-lagen, ook de hoogte van een met „E_s" geïndiceerde zone aangegeven. Dit is de zgn. sporadische E-laag, die, zoals de naam al aangeeft, op willekeurige tijden optreedt op hoogten tussen ca. 90 en 120 km. Vermoedelijk komt de E_s-laag alleen voor wanneer er verschillende natuurkundige processen samenvallen. Vrijwel zeker leveren de sporen van geïoniseerd gas die in de dampkring verbrandende meteoren en meteorieten achterlaten, een belangrijke bijdrage tot het ontstaan van de E_s-laag. Voor kortegolf kan het optreden van deze laag belangrijke konsekwenties hebben, aangezien de ionisatie dermate sterk kan zijn dat straling van frekwenties tot ca. 100 MHz er door kan worden gereflecteerd. Hiertoe behoren dan ook alle kortegolfsignalen!

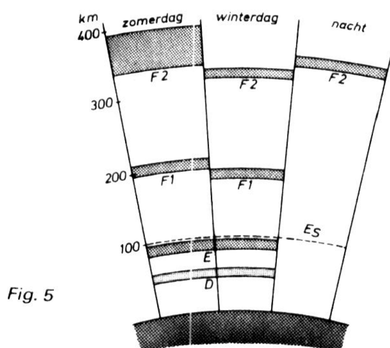


Fig. 5

De waarschijnlijkheid van het optreden van de E_s-laag is voor de geografische breedte van Nederland het grootst in de zomermaanden tijdens de daguren, speciaal rond het middaguur. In de tropische gebieden treedt E_s vrijwel elke dag op tussen 08 en 17 uur lokale tijd.

Hoe kan nu de „reflectie" van een elektromagnetische golf door een ionosfeerlaag plausibel worden gemaakt? Hiertoe kunnen we gebruik maken van de wetten van Snellius, die bekend zijn als de brekingswetten voor het zichtbare licht. Licht is echter óók een elektromagnetische straling. Volgens Snellius breekt een lichtstraal bij het binnendringen van een medium met grotere (optische) dichtheid naar de normaal toe en bij het binnenvallen in een medium met een kleinere optische dichtheid van de normaal af. De „normaal" is de loodlijn op het brekend oppervlak. Een ionosfeerlaag kan worden beschouwd als een medium van geleidelijk veranderende dichtheid, waarbij de binnenvallende straling beetje bij beetje wordt gebroken, totdat de invalshoek met de normaal zó groot is geworden dat totale reflectie optreedt. De nu gereflecteerde straling wordt dan, via multipele refractie van de normaal áf, buiten de ionosfeer geleid. Het één en ander is aan

de hand van een vereenvoudigd model geïllustreerd in fig. 6. Verondersteld wordt dat de dichtheid geleidelijk met de hoogte stijgt. Zou de straal nog niet totaal gereflecteerd zijn op het moment dat zij het midden van de ionosfeerlaag bereikt (waar dus de grootste ionendichtheid wordt verondersteld), dan zal zij de laag aan de *bovenzijde* verlaten en nimmer op aarde terugkeren. Ook dit is in fig. 6 geïllustreerd.

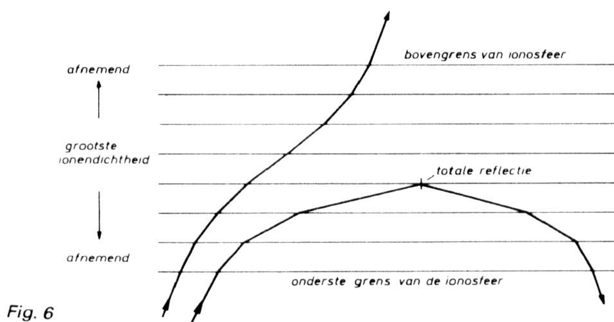


Fig. 6

De lichtbreking in een prisma leidt tot kleurschifting: de mate waarin refractie optreedt, is niet voor alle golflengten van het licht gelijk. Men zegt wel dat de brekingsindex *frekwentie-afhankelijk* is. Bij de refractie van elektromagnetische straling in de ionosfeer geldt dit eveneens; de breking is des te sterker naarmate de frekwentie lager is. In feite betekent dit dat lagere frekwenties dus eerder worden gereflecteerd dan hogere frekwenties. Men kan óók zeggen dat, voor de reflectie van hogere frekwenties, een sterkere ionisatie van de F-laag aanwezig moet zijn, dan voor lagere frekwenties vereist is.
Men kan dit verschijnsel in de praktijk dagelijks ervaren; waar overdag de 13 meter golflengte een belangrijke kortegolfband is, zal deze 's avonds geleidelijk onbruikbaar worden, terwijl dan juist stations in de langere golflengten beter doorkomen.
De reflecterende eigenschappen van de ionosfeer worden geregeld op vele plaatsen overal ter wereld gemeten met behulp van ionosfeerpeilers, dat zijn zendontvangers die signalen van toenemende frekwentie loodrecht naar boven sturen en dan de tijd meten totdat de echo terugkomt. Op die wijze kan men een indruk krijgen van de lokale hoogte van de verschillende ionosfeerlagen en van hun reflecterende eigenschappen.
Al die gegevens, die nu al gedurende vele jaren worden gemeten, zijn in computerprogramma's verwerkt, waardoor, voor alle gewenste propagatie-circuits, thans betrouwbare gegevens ter beschikking staan.
Dat de ionisatie van de verschillende lagen zich vrijwel continu wijzigt, moge volgen uit het feit dat de zonnestand ten opzichte van de aarde eveneens van minuut tot minuut verschilt. Door de scheve stand van de aardas ten opzichte van

haar baanvlak bestaan er seizoenen. Fig. 7 illustreert dat. In fig 8 is één en ander nog wat verduidelijkt; op 22 december staat de zon loodrecht op $23^1/_2$ graad zuiderbreedte en op 21 juni op $23^1/_2$ graad noorderbreedte. Op de overige dagen van het jaar beweegt het punt, waar de zon loodrecht boven staat, zich tussen deze uitersten. En aangezien de toestand van de ionosfeerlagen direct afhankelijk is van de invallende zonnestraling, blijkt de ionisatie dus afhankelijk van het seizoen te zijn. Hetzelfde kan worden gezegd t.a.v. de lokale tijd van de dag. Op elk willekeurig moment is slechts omstreeks de helft van de aardbol door de zon verlicht.

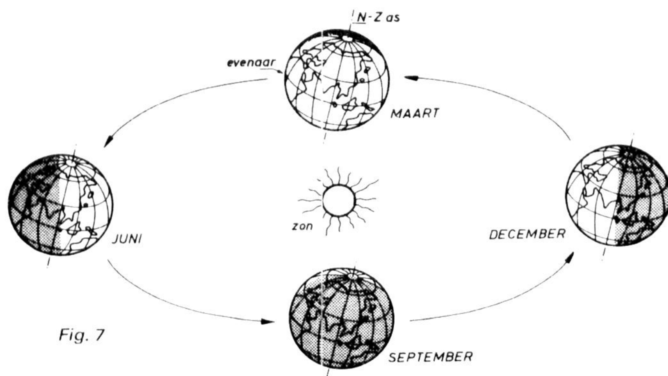


Fig. 7

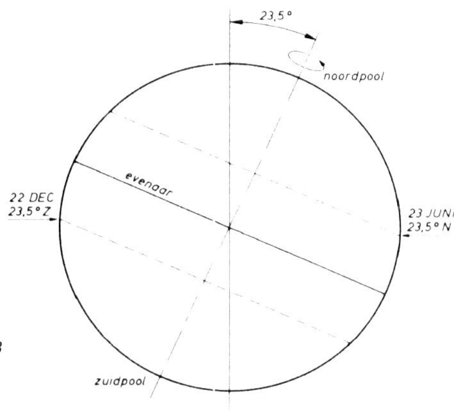


Fig. 8

Daar is het dag. De andere helft bevindt zich in de duisternis of ten minste in de overgang tussen licht en donker (fig. 9). De propagatiecondities variëren dus voor elke plek op aarde met de tijd van dag of nacht.

Tot dusverre hebben we gemakshalve verondersteld dat de zon een constante stralingsbron is. Dit blijkt echter niet het geval te zijn. Reeds in de zeventiende eeuw namen zonnewaarnemers geregeld donkere vlekken waar op de zonne-

schijf. Deze vlekken verplaatsten zich door de draaiing van de zon om haar as (in ca. 27 dagen), ze verdwenen geleidelijk, maar er kwamen ook weer nieuwe plekken voor in de plaats. De waarnemingen van honderden jaren zijn voor het eerst door de Zwitserse astronoom Wolf samengevat, waarbij bleek dat de zonnevlekkenactiviteit een bepaalde periode vertoonde die gemiddeld 11 jaar duurde. Gedurende die periode steeg de zonnevlekkenactiviteit van een minimum in een paar jaar tijd naar een maximum, waarna deze weer geleidelijk afnam. In fig. 10 is een gemiddelde zonnevlekkencyclus getekend.

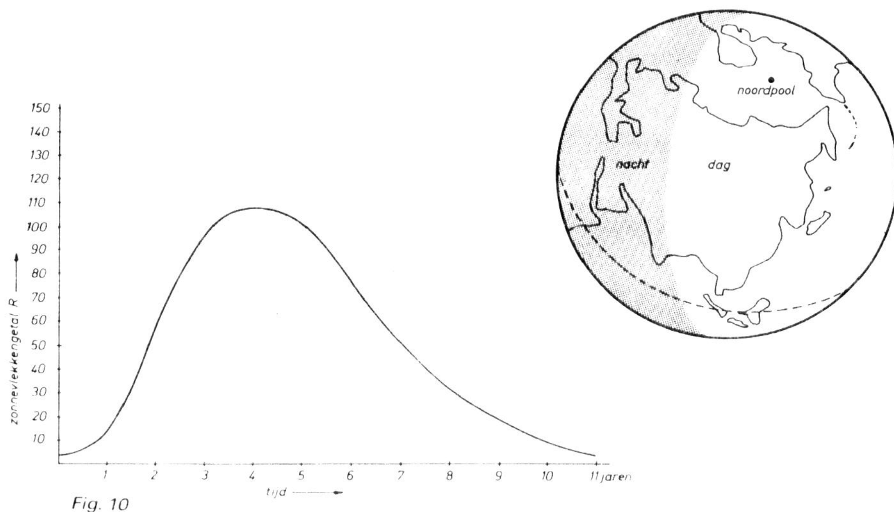


Fig. 10

Wolf ontwierp een systeem om de zonnevlekkenactiviteit als een getal weer te geven. Daarbij telde hij elke zonnevlekkengroep eenvoudig voor 10 en elke vlek in de groep bovendien voor 1. Het zonnevlekkengetal (R) dat aldus ontstond, kan variëren van 5 gedurende minimale zonnevlekken-activiteit tot ca. 150 voor maximale activiteit.

Het maximum varieert per zonnecyclus tussen ca. 100 en 200; de laatste waarde is gemeten tijdens het zeer hoge maximum dat in 1958 is opgetreden, het maximum van 1968 bedroeg ca. 110, terwijl 1975 weer een minimum laat zien.

Een zonnevlek kan gemakkelijk een oppervlakte hebben die zo groot is als de doorsnede van de aarde. Deze donkere plek op de zon wordt veroorzaakt door een lokale afkoeling, vermoedelijk doordat zeer sterke magnetische velden op die plaats de zon verlaten. Dit gaat gepaard met de uitstoting van enorme hoeveelheden ultraviolette straling, die dus in de bovenste ionosfeerlagen (F_1 en F_2) de ionisatie beïnvloeden. De zonnevlekkenactiviteit varieert van dag tot dag, waarbij persistente groepen wel eens meer dan 27 dagen kunnen bestaan. De zonnevlekkencyclus als voorgesteld in fig. 10 is dus een gemiddelde waarde, waaromheen de dagelijkse waarden zich globaal afspelen. Kortom, de ionosfeer mag niet

worden beschouwd als een betrouwbaar reflectiemedium en het gebruik ervan berust dan ook op kansberekening. Verstoringen van het stralingspatroon van de zon treden op willekeurige momenten op en zullen later ter sprake komen. Desondanks is men voor lange-afstandscommunicatie op het gebruik van dit medium aangewezen.
De langste afstand die men met éénmalige ionosfeer-reflectie kan overbruggen, is afhankelijk van de hoogte van de ionosfeer en het stralingspatroon van de antenne. De laagste afstraling die door een zendantenne in de praktijk nog kan worden bereikt, is ca. 5°. Met zo'n lage elevatie wordt de F_2-laag bereikt op een afstand die tussen de 1500 en 2000 kilometer van de zender verwijderd is. Beschouwt men een symmetrische reflectie, dan zal de gereflecteerde straling dus in één zgn. „hop'' een afstand kunnen overbruggen van 3000 à 4000 km, afhankelijk van de hoogte van de ionosfeer. Het punt waar de reflectie optreedt, noemt men het reflectiepunt (fig. 11).

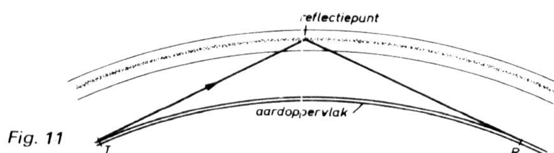


Fig. 11

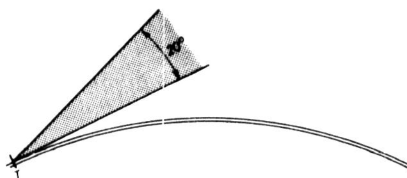


Fig. 12

Is de afstand tussen zender en ontvanger groter dan 3000 à 4000 km, dan zullen meer ionosfeerreflecties nodig zijn om deze afstand te overbruggen; óók zijn grondreflecties dan noodzakelijk. Deze grondreflecties dragen aanzienlijk bij tot de verstrooiing van het signaal, afhankelijk van de terreingesteldheid op de plaats waar dit optreedt.
De zendantenne straalt niet één dunne bundel uit doch een kegel van straling, die men zich in het vertikale vlak ongeveer kan denken als in fig. 12 is aangegeven. De vertikale openingshoek is in dit geval ca. 20°, de gemiddelde elevatie dus ca. 15° (5° plus de helft van de bundeldikte).
Beziet men nu (fig. 13) het verloop van de reflecties, dan blijkt dat er tussen de zender en een punt op 2000 km afstand, geen signaal van deze zender beschikbaar is. Dit stuk staat bekend als de stille zone of skip distance. Het zal duidelijk zijn dat voor een kortegolfverbinding de reflecterende eigenschappen van de verschillende reflectiepunten bepalend zijn.
In de kortegolf-predicties worden dan ook de eigenschappen van de reflectiepunten vertaald naar de hoogste frekwentie die bij een zo groot mogelijke invalshoek

(bij vlakke afstraling dus) nog kan worden gereflecteerd. Dit noemt men de MUF voor F_2-4000. De letters MUF zijn de afkorting van „maximum usable frequency" of maximaal bruikbare frekwentie. Deze frekwentie geeft, volgens de kansberekening, betrouwbare verbindingen gedurende 50% van de tijd. Omdat dit geen basis is waarop communicatie kan worden bedreven heeft men, naast de MUF, de OWF of FOT ingevoerd. Deze „optimum working frequency" of „frequence optimum du travail" ligt in waarde 15% lager dan de MUF en geeft betrouwbare verbindingen gedurende 90% van de tijd.
Vindt men aan de hand van de kortegolf-predicties dus een MUF voor F_2-laag-reflectie van 20 MHz, dan zal de OWF dus 20 − 3 = 17 MHz zijn, en de optimaal in aanmerking komende kortegolfband voor de verbinding derhalve 15 MHz (19 m).

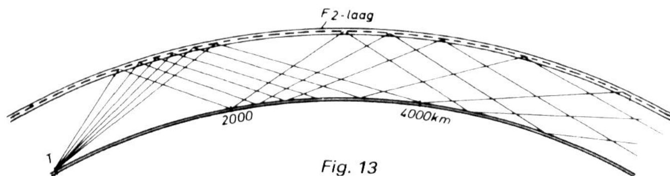


Fig. 13

Wanneer men, op een wereldkaart, de punten met gelijke MUF's onderling verbindt, dan ontstaat een zgn. contourkaart.
In fig. 14 is zo'n contourkaart getekend. Gewoonlijk is de wereldkaart in Mercator-projectie. De MUF-contouren voor F_2-4000 zijn aangegeven door vloeiende lijnen, waarbij de MUF staat aangegeven. Duidelijk is op de kaart te zien dat de dag/nacht-overgang zich op de geografische lengte van de Amerikaanse oostkust bevindt. Het is daar 5 uur vroeger dan GMT. De MUF's boven Noord-Amerika zijn nog laag en vertonen een duidelijk minimum van 10 MHz. De zone van daglicht gaat gepaard met een snelle stijging van de MUF naar ca. 30 MHz voor de geografische breedte van Amsterdam, terwijl de afname van de MUF na het invallen van de duisternis veel geleidelijker plaatsvindt. Dit is te zien aan het „uitlopen" van de MUF-contouren in oostelijke richting.
Op de kaart zijn een aantal kortegolftrajecten uitgezet, die Nederland als centrum hebben. De verbindingen lopen natuurlijk volgens rechte lijnen, hetgeen met behulp van een globe gemakkelijk kan worden geconstateerd. De trajecten verschijnen als krommen op de kaart tengevolge van de projectiemethode.
Op deze krommen zijn, op 2000 km van de eindpunten, voor elk traject de reflectiepunten aangebracht. De hier heersende propagatiecondities zijn bepalend voor de frekwentie die op het beschouwde tijdstip (1200 GMT) voor de verbinding kan worden gebruikt. Gewoonlijk zijn er dus twee verschillende waarden, waarvan de laagste moet worden gekozen. Beziet men b.v. het traject naar oostelijk Noord-Amerika, dan heeft het oostelijke reflectiepunt een F_2-4000 MUF van ca. 26,5 MHz. Voor het westelijke reflectiepunt geldt een MUF van 16 MHz. Bij deze laagste maximum usable frequency behoort weer een OWF van 13,6 MHz

zodat op dat moment de 11 MHz-band (25 m) de hoogst bruikbare frekwentie is voor het traject. Het gebruik van de 15 MHz (19 m) is eveneens mogelijk, doch zij zal misschien slechts gedurende ca. 60% van de tijd goed te ontvangen zijn.
Met behulp van contourkaarten kunnen voor elke verbinding de bruikbare fre-

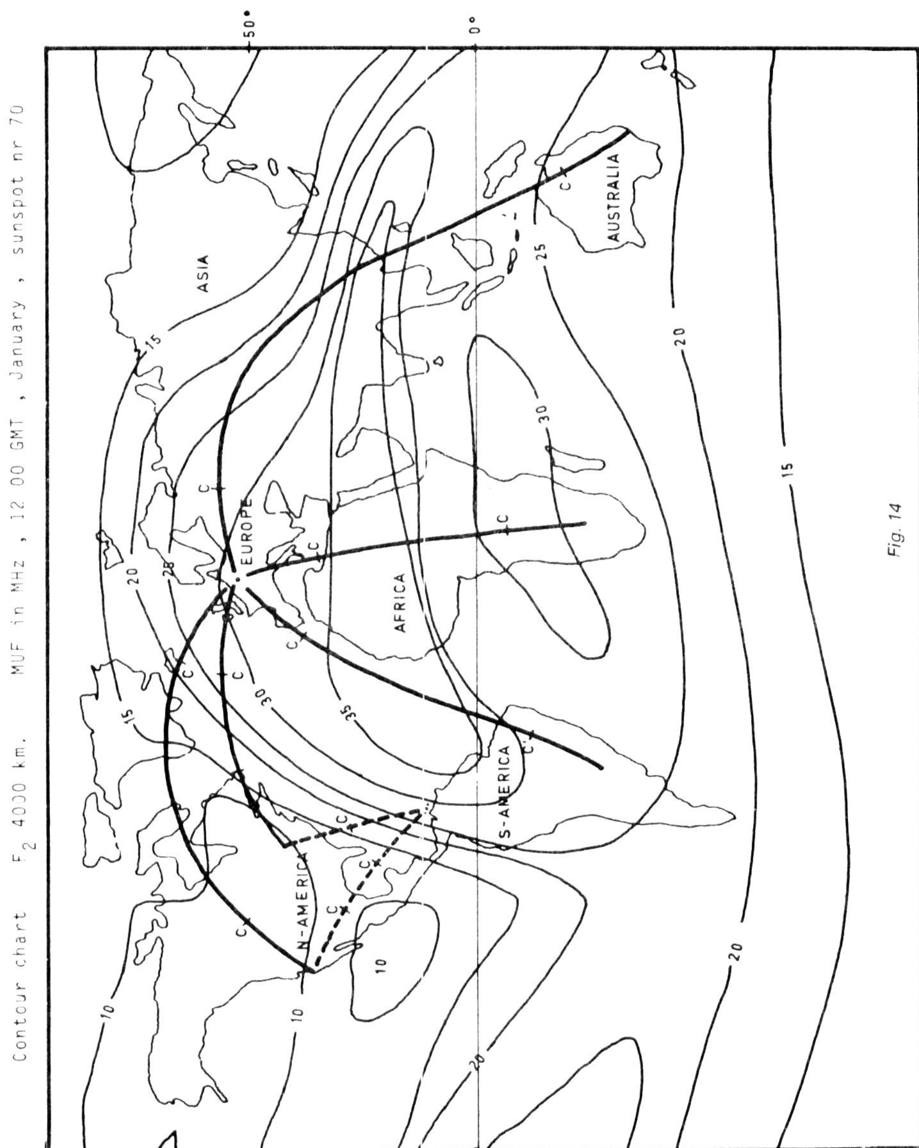


Fig. 14

kwenties worden bepaald. Dergelijke contourkaarten worden door b.v. de Boulder Laboratories in de Verenigde Staten van Amerika uitgegeven. Tegenwoordig worden door de radiostations meestal computer-predicties gebruikt. Deze zijn echter afgeleid van dezelfde waarnemingen die ook tot de contourkaarten hebben geleid.

Wie achtereenvolgens, voor verschillende tijden, van de coutourkaarten voor één traject de MUF-waarden afleest, kan een kromme samenstellen die het verloop van de MUF met de tijd geeft.

Circuits:
Amsterdam – Sydney
Amsterdam – Buenos Aires
Amsterdam – New York
Maand: januari
Zonnevlekkengetal: 70

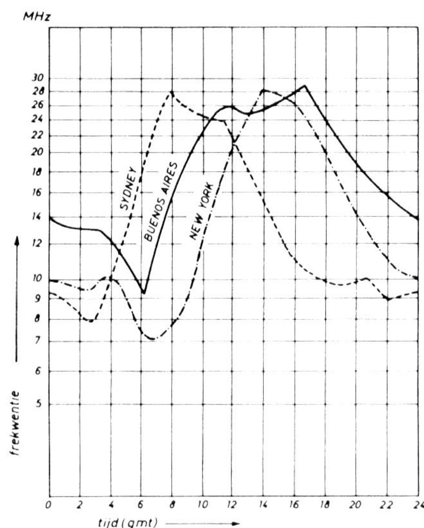


Fig. 15

In fig. 15 zijn drie van dergelijke MUF-krommen voor drie verschillende trajecten samengevat. Voor alle drie krommen geldt dat de stijging van de MUF in de morgen sneller gaat dan de afval ervan in de avond. Ook is duidelijk te zien dat de MUF voor de daguren veel hoger is dan die tijdens de nacht. Waar 6 of 9 MHz bruikbare frekwenties zouden zijn voor de avonduren op het westelijk halfrond, kan overdag gemakkelijk 21 MHz worden gebruikt.

De relatief korte periode, waarop b.v. Sydney op een hoge frekwentie (21 MHz, 13 m) bereikbaar is, wordt veroorzaakt door de grote lengte (16 500 km) van het traject. Op de wereld-tijdenkaart kan men aflezen dat de ochtend in Europa nog maar pas is begonnen, wanneer de avond in Australië al begint te vallen, zodat het gebruik van de hoge „dagfrekwenties" slecht tot enkele uren per etmaal beperkt blijft.

In de zomermaanden is de daglichtperiode langer zodat het dagelijkse minimum in de MUF dan niet zo diep is. De MUF-kromme heeft dan dus een veel vlakker verloop. Het maximum is veelal ook lager dan in de winter, wat wordt verklaard door de grotere afstand zon – aarde in dit seizoen.

Behalve de MUF, bestaat er ook een LUF, de „lowest useful frequency". Er zijn een aantal factoren die de LUF bepalen. De voornaamste daarvan is de D-laag-absorptie die niet zozeer afhankelijk is van de ionisatie van deze laag, maar van de grotere luchtdichtheid in de laag, waardoor mede verstrooiing optreedt. Het effect van de D-laag-absorptie is mede afhankelijk van de lengte van het traject binnen deze laag: bij steile opstraling is de absorptie veel minder dan bij een zo laag mogelijke opstraling zoals gewoonlijk voor lange-afstandsverbindingen plaats vindt. Het is duidelijk dat, waar de D-laag alleen overdag bestaat, deze absorptie alleen tijdens de daguren voorkomt.
De D-laag-absorptie is ook frekwentie-afhankelijk: voor hoge frekwenties treedt minder absorptie op dan voor lage. Naast de ionosferische absorptie treden ook grondverliezen op. Bij een traject langer dan ca. 3500 km zijn meerhopsverbindingen noodzakelijk, waarbij ook bodemreflectie optreedt. Daarbij bepaalt de geleidbaarheid van de grond in hoge mate de verliezen die daarbij optreden. Bij een goede geleidbaarheid (polders, zeewater) zullen de verliezen lang niet zo groot zijn als bij reflectie op rotsachtige of woestijnachtige gronden. Gemiddeld wordt, per grondreflectie, 20% signaal verloren.
Uiteraard speelt de afstand ook een grote rol. De antennestraling verspreidt zich steeds verder, waardoor de intensiteit ervan afneemt en dus ook de plaatselijk aanwezige veldsterkte, vermindert.
Al deze factoren bij elkaar leiden tot de LUF voor een bepaald traject. De LUF geeft eigenlijk aan welke (lage) frekwenties overdag niet meer redelijkerwijze bruikbaar zijn voor een verbinding, omdat de signaalsterkte op de ontvangstplaats te zwak wordt ten opzichte van de plaatselijk aanwezige zonneruis. De LUF is mede afhankelijk van het gebruikte zendervermogen en van de eigenschappen van de zendantenne. Voor een lang traject kan de LUF, onder ongunstige omstandigheden, wel eens hoger worden dan de MUF. Er is dan geen kortegolfverbinding mogelijk.
De MUF bepaalt de hoogste frekwentie die nog voor een bepaald traject kan worden gebruikt en de LUF de laagste frekwentie. Tussen deze beide bevindt zich een frekwentiegebied waarin uit beschikbare kortegolfbanden een keuze kan worden gedaan. Wanneer men met een beperkt vermogen in de zendantenne werkt, is het altijd goed om de werkfrekwentie zo dicht mogelijk bij de MUF (OWF) te kiezen, omdat de absorptie dan zo klein mogelijk is en de resterende signaalsterkte op de ontvangstplaats zo groot mogelijk.
Op deze basis zijn in de tabellen 5, 6 en 7 een aantal verbindingen berekend voor drie verschillende zonnevlekken-activiteiten; n.l. $R = 125$, $R = 70$ en $R = 5$. De tabellen vermelden de frekwenties waarop men kortegolf-omroepstations kan verwachten
De berekeningen zijn uitgevoerd voor de kortegolftrajecten tussen 13 gebieden op aarde als geïllustreerd in fig. 16, voor twee tijden per dag die in de regionale avonduren vallen. Er zijn vier seizoenen te onderscheiden: de winterperiode van begin november tot begin maart, de equinoxperiodes maart/april en september/

oktober, en de zomerperiode van begin mei tot begin september. De relatief stabiele zomer- en winterperioden zijn elk vier maanden lang, de tussenliggende perioden elk twee maanden.
De berekeningen moeten als globaal worden beschouwd, omdat zij voor relatief grote gebieden gelden. De juiste OWF wordt gevonden door de kolom voor het gebied, waarin de zender zich bevindt, voor de gewenste tijd te kruisen met de rij behorende bij het gebied waarin de ontvanger zich bevindt. Wanneer men wil luisteren naar een zender in Zuid-Amerika, terwijl de ontvanger zich in Europa bevindt, onder condities van lage ($R = 5$) zonnevlekkencondities tijdens de wintermaanden, dan gaat men als volgt te werk (zie tabel 7):
In de eerste kolom vindt men dat Zuid-Amerika in gebied nummer 4 ligt. Vervolgens kiest men in de groep ,,november–februari''kolom 4 en volgt deze loodrecht naar beneden, totdat rij 6 (West-Europa) wordt gekruist. Men vindt dan een werkfrekwentie van 15 MHz (19 m) om 19.00 uur Westeuropese tijd, en een optimale frekwentie van 11 MHz (25 m) om 22.00 uur Westeuropese tijd.
Zoals reeds eerder werd opgemerkt, kunnen stations ook in frekwenties beneden deze optimale werkfrekwentie voorkomen. De ontvangst van die stations kan, door hogere absorptie, dan zwakker zijn. De tabellen zijn dus meer als leidraad bedoeld dan als absolute indicatie van de gebruikte frekwentieband. Een regelmatige consultatie is van belang voor die lezers welke gericht naar bepaalde, ver verwijderde stations, willen luisteren.
Vermeldenswaard is in dit verband dat er een jaarlijkse uitgave bestaat die van vrijwel alle radiostations ter wereld het geplande golflengtegebruik en de tijden van uitzending opgeeft. Dit ,,World Radio & Television Handbook'' is vele kortegolfluisteraars tot een grote steun.

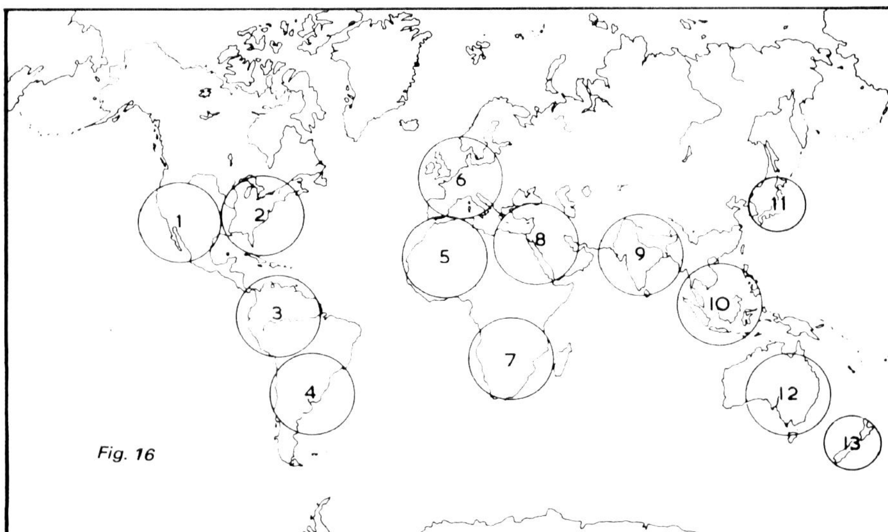


Fig. 16

Tabel 5.

Kortegolf-predictietabel.
Hoog (R = 125)

Ontvangstgebied	GMT	Gebied waarin de zender zich bevindt												
		november – februari												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Noord-Amerika (West)	0300	6	17	15	15	9	9	17	6	15	21	17	21	21
	0600	6	15	11	9	9	6	11	9	11	9	9	11	11
2. Noord-Amerika (Oost)	2400	17	6	21	17	11	9	15	9	9	9	9	25	21
	0300	17	6	11	15	9	9	9	9	9	9	9	11	11
3. Zuid-Amerika (Noord)	2400	21	17	11	21	11	11	25	11	11	9	21	21	17
	0300	15	11	11	21	9	9	21	11	17	17	11	21	21
4. Zuid-Amerika (Zuid)	2200	25	21	25	11	11	11	15	17	17	15	25	17	17
	0100	21	15	21	11	9	11	11	15	11	17	25	17	17
5. West-Afrika	1900	17	21	21	21	9	11	25	21	9	15	7	17	11
	2200	9	11	11	11	7	9	21	11	9	11	7	11	15
6. West-Europa	1800	21	25	25	25	11	4	17	11	11	11	9	11	9
	2100	11	11	15	15	9	4	17	11	9	9	7	9	15
7. Zuidelijk Afrika	1700	25	25	25	21	25	21	11	25	21	21	9	11	11
	2000	21	21	25	21	25	17	11	21	17	17	9	11	15
8. Midden-Oosten	1700	11	15	21	21	25	15	25	7	15	15	9	17	15
	2000	6	9	17	17	15	11	25	4	11	11	7	11	15
9. Zuid-Azië	1400	11	17	25	21	25	21	21	21	15	21	11	21	17
	1700	17	11	21	21	11	15	21	11	15	17	9	17	15
10. Zuidoost-Azië	1200	9	25	25	21	25	21	25	25	25	11	25	21	17
	1500	9	25	21	21	21	17	21	21	21	9	11	21	17
11. Japan	1000	6	9	9	9	17	17	21	17	17	25	6	21	21
	1300	6	9	9	9	9	9	11	11	11	17	4	17	15
12. Australië	0900	9	11	21	–	21	21	17	21	21	21	25	11	17
	1200	9	21	17	15	21	21	17	21	21	21	25	11	17
13. Nieuw-Zeeland	0700	11	9	21	21	17	17	17	21	21	21	21	17	9
	1000	9	11	15	17	17	21	17	21	21	21	21	17	9

Gebied waarin de zender zich bevindt

maart–april + september–oktober													mei–augustus												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	17	21	17	11	9	15	11	25	25	25	25	25	6	17	17	11	15	15	11	17	17	17	17	21	25
6	15	17	15	11	11	11	11	17	17	17	25	21	6	15	17	9	11	11	15	15	15	17	17	17	17
21	9	25	21	17	11	17	11	17	21	17	25	25	17	6	21	17	17	17	17	15	17	17	17	17	21
17	6	17	17	15	9	15	11	11	17	15	17	17	17	6	17	17	15	11	11	11	15	17	17	17	21
25	25	15	21	17	15	11	15	17	25	25	21	25	21	21	11	17	17	17	17	15	17	17	17	17	17
21	17	15	25	15	11	11	11	21	21	21	25	25	17	17	11	15	17	17	17	11	21	25	17	15	17
25	25	25	11	21	17	17	21	21	15	21	25	21	21	21	21	6	21	17	9	21	17	11	21	21	17
25	21	25	9	21	17	11	17	17	21	25	21	21	15	17	17	–	17	17	9	17	11	9	17	11	9
21	25	25	25	11	17	25	21	21	21	15	17	11	15	17	21	25	11	15	21	21	21	21	17	11	11
17	17	17	21	11	11	25	15	15	15	15	15	21	15	17	17	21	11	11	21	21	17	17	17	11	11
21	25	25	25	17	9	25	21	17	17	11	15	15	17	17	21	21	15	9	17	21	17	17	15	9	9
17	17	17	21	11	7	21	15	15	15	11	11	17	17	17	21	21	11	6	11	17	17	15	15	11	17
21	25	25	25	25	25	11	25	25	25	21	11	9	17	21	25	25	25	25	11	25	21	17	21	11	11
21	25	21	21	25	21	11	25	25	21	15	11	15	17	21	21	15	21	17	9	21	21	15	17	9	9
21	21	25	25	25	25	25	9	25	25	17	17	11	15	17	21	25	25	21	21	9	21	21	21	11	11
21	17	21	21	17	17	25	7	25	25	17	15	15	15	17	15	25	21	17	21	7	21	21	17	11	11
11	21	25	25	25	25	25	25	15	25	21	21	15	9	15	21	21	17	17	25	25	15	21	21	15	11
17	21	25	25	25	21	25	25	11	25	17	17	11	17	17	21	17	17	21	21	21	11	25	21	11	11
11	9	25	25	25	21	25	25	25	15	25	25	21	15	11	25	25	25	21	25	25	25	11	25	21	15
11	17	21	25	25	21	25	25	25	11	25	21	17	11	15	21	21	21	21	25	21	25	11	25	15	11
11	11	15	21	25	21	25	25	25	25	9	25	21	17	11	17	17	21	17	25	21	21	26	9	21	17
11	15	17	17	25	17	25	21	21	25	7	25	21	15	15	17	17	21	15	21	21	21	25	9	17	15
21	11	17	15	25	21	25	25	25	25	25	9	25	17	15	11	9	21	17	25	25	25	25	21	7	17
15	11	15	17	21	21	17	21	21	25	25	7	17	15	15	11	11	15	15	17	21	21	21	21	4	11
21	15	21	17	21	21	21	25	25	25	25	25	9	17	17	15	9	21	17	21	25	25	25	21	21	6
17	11	17	15	17	21	17	21	21	21	21	21	7	11	15	11	9	15	15	17	17	17	17	17	15	4

Tabel 6.

Kortegolf-predictietabel.
Gemiddeld (R = 70)

Ontvangstgebied	GMT	Gebied waarin de zender zich bevindt november–februari 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Noord-Amerika (West)	0300	–	9	11	11	9	6	15	6	15	17	17	21	21
	0600	–	9	9	6	9	6	9	6	11	9	9	11	11
2. Noord-Amerika (Oost)	2400	17	–	17	17	11	9	11	9	9	9	9	15	17
	0300	9	–	11	11	9	9	9	9	9	9	9	11	15
3. Zuid-Amerika (Noord)	2400	15	17	9	21	11	11	25	11	11	21	17	21	21
	0300	11	11	9	21	9	9	21	9	15	21	11	21	17
4. Zuid-Amerika (Zuid)	2200	17	21	25	9	11	11	21	17	15	11	9	17	17
	0100	17	15	21	6	11	11	15	17	11	11	21	17	17
5. West-Afrika	1900	15	21	21	17	4	9	21	21	9	11	9	11	15
	2200	9	11	11	11	4	7	17	11	9	11	7	17	17
6. West-Europa	1800	17	17	21	17	11	4	17	15	9	9	7	7	7
	2100	9	15	17	11	9	4	11	11	9	9	7	7	11
7. Zuidelijk Afrika	1700	25	25	25	25	25	17	9	21	25	17	11	11	11
	2000	25	21	25	21	25	11	9	17	17	15	9	9	11
8. Midden-Oosten	1700	11	11	21	25	25	15	21	7	21	17	9	15	15
	2000	9	9	15	21	15	11	17	4	17	15	9	11	11
9. Zuid-Azië	1400	11	15	25	25	21	17	25	25	9	25	11	21	21
	1700	21	11	21	21	11	11	21	21	9	17	9	17	15
10. Zuidoost-Azië	1200	9	25	25	21	25	17	25	25	25	9	17	21	17
	1500	9	21	21	21	21	15	21	21	17	9	11	17	15
11. Japan	1000	6	6	6	6	9	11	17	15	15	21	4	21	21
	1300	6	9	9	9	11	9	11	9	11	15	–	17	17
12. Australië	0900	9	9	11	17	21	21	17	21	21	21	21	9	17
	1200	9	9	17	17	17	21	17	17	17	17	21	9	17
13. Nieuw-Zeeland	0700	11	11	11	17	17	17	17	17	21	21	21	17	9
	1000	11	11	9	17	17	21	17	17	17	17	21	17	6

Gebied waarin de zender zich bevindt																									
maart – april + september – oktober													mei – augustus												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	17	17	17	11	11	9	11	21	21	21	25	25	6	17	21	11	15	11	15	17	21	21	21	25	25
6	11	15	11	11	9	9	11	17	17	17	17	17	6	15	15	17	11	11	9	17	21	21	21	21	21
21	6	17	17	11	15	17	11	15	15	17	21	25	17	6	21	21	17	15	17	15	17	17	17	15	21
17	9	17	17	11	11	11	11	11	17	11	17	15	17	6	17	17	15	11	11	11	11	15	17	21	17
25	17	11	11	15	11	11	11	15	21	25	21	25	21	21	9	17	21	17	11	15	17	17	21	9	25
17	17	9	9	11	9	9	11	17	17	25	17	21	21	17	9	15	17	15	11	11	21	11	21	25	17
21	25	17	9	21	17	11	15	17	11	21	21	17	17	21	21	6	21	17	9	17	17	11	17	21	11
21	17	11	9	21	15	11	11	11	15	21	17	15	11	21	17	–	21	17	9	17	11	9	17	17	9
21	21	25	25	9	15	25	17	17	17	25	11	15	17	17	21	21	11	15	21	21	21	17	15	11	11
15	17	17	21	7	9	21	11	11	11	15	11	11	17	17	21	21	9	11	17	17	17	11	15	11	11
17	21	21	21	15	9	21	17	15	15	11	11	11	17	17	21	21	15	7	15	17	17	17	11	9	11
17	17	17	17	11	7	15	15	11	11	9	11	17	15	15	21	21	11	6	11	15	15	15	11	11	17
21	21	21	25	25	21	9	21	25	21	17	11	7	15	21	21	21	25	17	9	25	17	15	17	9	9
25	25	17	21	21	17	4	15	21	17	11	7	11	11	21	11	11	21	11	6	25	17	11	17	9	9
17	21	21	21	21	21	21	9	25	25	15	15	9	17	17	21	25	21	17	25	7	21	21	17	11	11
17	17	15	17	15	15	15	7	21	17	11	11	11	17	17	21	21	17	17	25	7	21	17	17	11	9
9	17	25	25	21	21	25	25	11	25	17	17	11	15	15	21	25	21	17	21	25	11	21	21	11	11
17	17	11	25	21	17	25	25	7	25	15	15	11	17	17	21	21	21	17	17	21	9	21	17	11	11
11	11	17	21	25	21	25	25	25	11	25	17	15	11	11	9	21	21	17	21	25	25	9	21	11	11
11	11	17	21	25	21	21	25	25	9	25	17	11	17	11	11	15	21	17	17	21	21	7	21	11	11
11	9	17	17	17	17	25	25	21	25	9	21	17	15	11	15	15	17	15	25	21	21	25	7	17	11
11	15	15	15	21	15	21	21	17	25	6	21	17	11	15	17	17	17	15	21	21	21	21	7	11	11
15	11	11	11	21	21	21	21	21	21	21	9	21	15	15	11	11	21	15	17	21	21	21	21	6	11
11	11	11	11	17	17	15	17	17	17	21	4	17	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	4	9
17	11	17	11	17	17	17	21	21	21	21	21	9	15	11	11	6	17	15	15	21	21	21	21	15	4
15	11	11	11	15	17	15	17	17	17	17	17	4	11	9	11	6	11	15	9	11	11	11	11	11	4

Tabel 7.

Kortegolf-predictietabel
Laag (R = 5)

Ontvangstgebied	GMT	Gebied waarin de zender zich bevindt — november–februari 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Noord-Amerika (West)	0300	4	11	11	11	6	6	6	6	9	11	9	11	11
	0600	–	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2. Noord-Amerika (Oost)	2400	15	4	11	11	6	6	9	6	6	6	6	6	15
	0300	11	–	9	9	6	6	6	6	6	6	6	6	9
3. Zuid-Amerika (Noord)	2400	15	11	6	17	9	9	17	6	6	17	11	17	17
	0300	11	9	4	15	9	9	11	6	9	15	9	17	17
4. Zuid-Amerika (Zuid)	2200	17	17	17	6	9	9	17	9	9	9	15	17	17
	0100	11	11	17	6	9	9	15	9	6	17	17	17	17
5. West Afrika	1900	11	11	15	11	4	7	21	11	7	7	7	7	11
	2200	6	6	9	9	–	6	15	7	7	6	9	9	11
6. West-Europa	1800	15	15	15	15	7	6	11	9	9	9	7	7	7
	2100	6	6	9	11	6	4	11	9	9	9	6	7	–
7. Zuidelijk Afrika	1700	17	17	21	21	21	15	9	17	17	15	7	9	9
	2000	17	17	21	17	17	11	7	15	11	9	7	9	11
8. Midden-Oosten	1700	6	9	15	17	17	9	21	4	11	11	7	11	11
	2000	6	6	6	9	9	9	15	–	9	7	7	9	9
9. Zuid-Azië	1400	9	9	17	21	15	11	21	15	7	17	9	17	15
	1700	15	6	11	15	7	9	21	11	5	11	9	15	11
10. Zuidoost-Azië	1200	6	15	21	21	21	17	25	21	21	7	11	17	17
	1500	6	11	21	17	15	11	21	11	11	6	7	15	11
11. Japan	1000	6	6	6	6	9	9	15	11	11	15	4	15	15
	1300	6	6	9	9	7	6	9	9	9	11	–	11	11
12. Australië	0900	6	6	9	11	17	17	15	17	21	17	21	6	11
	1200	6	15	11	11	15	11	15	15	15	15	15	6	9
13. Nieuw-Zeeland	0700	6	9	9	11	15	15	15	17	21	17	21	15	6
	1000	6	6	6	11	15	9	15	15	15	15	17	11	4

Gebied waarin de zender zich bevindt																									
maart – april + september – oktober													mei – augustus												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	11	11	11	9	9	6	9	17	17	15	17	17	6	17	17	6	9	9	6	9	15	15	11	17	17
–	6	6	9	6	6	6	9	11	11	11	9	9	–	9	11	6	9	6	6	11	11	15	11	11	11
15	6	15	11	9	9	11	9	11	15	15	17	17	17	6	17	17	9	11	9	9	9	11	11	15	17
11	–	11	9	6	6	6	6	9	11	11	11	11	17	–	11	11	6	9	6	9	11	11	11	9	17
21	15	9	11	9	9	9	6	9	11	17	11	15	17	17	9	11	11	9	9	9	9	11	17	11	17
11	11	6	11	9	6	6	6	11	11	17	11	11	17	11	6	6	9	6	6	9	11	11	17	6	17
21	17	15	–	11	11	9	9	9	6	15	11	11	15	17	15	–	11	17	9	11	9	6	17	11	11
17	11	11	–	11	9	9	9	6	11	17	15	9	9	15	9	–	9	11	6	9	6	6	11	6	9
17	17	17	25	6	11	15	11	11	11	9	9	6	11	15	17	17	9	11	17	21	11	7	11	9	6
11	11	11	11	4	7	11	9	9	7	9	7	11	11	15	15	11	6	11	9	11	9	6	15	9	9
15	15	17	17	11	6	17	15	11	11	7	9	7	11	15	15	17	11	9	17	17	15	11	11	9	9
9	11	11	15	9	4	11	9	9	9	7	9	11	11	15	17	21	11	9	11	15	11	7	11	9	11
15	17	15	15	21	21	6	21	21	11	11	7	–	15	15	17	15	21	17	4	17	11	9	11	7	6
15	17	9	11	15	15	5	15	15	11	9	6	7	9	9	11	9	9	11	3	9	7	7	9	7	6
15	15	15	17	15	15	21	4	15	11	11	11	7	11	15	17	17	21	17	17	6	17	9	11	9	11
11	11	9	9	9	11	15	3	11	9	9	7	6	11	15	11	15	17	17	9	5	11	7	11	11	9
6	15	21	21	17	17	25	25	9	25	11	11	9	6	11	15	17	15	15	17	21	7	15	11	9	9
11	15	11	17	15	11	21	15	5	17	11	11	7	11	11	15	15	17	17	11	17	5	7	11	9	9
9	6	11	15	21	17	17	25	25	9	17	11	11	11	11	17	17	17	15	17	21	21	6	17	11	11
11	11	11	11	21	15	15	21	21	7	11	11	9	9	11	15	9	15	15	9	15	15	4	9	9	9
9	6	11	11	17	15	21	17	17	21	6	15	11	9	9	11	6	17	11	21	17	21	25	6	11	11
9	11	11	11	11	11	11	15	11	15	4	11	11	6	11	11	11	15	11	17	17	17	15	4	9	9
6	6	9	11	15	17	15	17	15	17	17	5	11	9	9	6	6	11	15	7	11	11	11	11	3	9
6	9	6	6	11	15	11	11	11	11	11	4	9	6	9	6	6	9	11	7	9	9	9	9	4	9
6	9	11	9	11	11	11	11	17	15	17	17	4	9	9	6	6	7	15	7	11	11	11	11	9	–
6	6	6	6	7	11	9	11	15	11	11	11	–	6	9	6	6	6	11	6	9	9	9	11	9	–

4. VERSTORINGEN VAN DE KORTEGOLF-ONTVANGST

Eerder is opgemerkt dat de OWF gedurende 90% van de tijd betrouwbare verbindingen geeft. De betrouwbaarheid van een kortegolfverbinding beperkt zich tot deze 90%. Enerzijds is dit verklaarbaar door het feit dat de dagelijkse fluctuaties van de reflecterende eigenschappen wel eens groter zijn dan 15%, b.v. wanneer het aantal geobserveerde zonnevlekken veel groter of veel kleiner is dan het maandgemiddelde; doch anderzijds komen er ook verstoringen van andere aard voor die de betrouwbaarheid van communicatie in het hoogfrekwent-spectrum nadelig beïnvloeden.
Eén daarvan is het voorkomen van sporadische E-wolken. Deze zijn zwaar geïoniseerd en reflecteren frekwenties die onder normale omstandigheden te hoog zijn voor ionosferische reflecties, zoals frekwenties tussen ca. 30 en 100 MHz.
Doordat de reflectie nu op een veel lager niveau plaatsvindt dan bij F-laag-propagatie het geval is, wordt het bereik van het kortegolfstation plotseling verkleind. Ook de skip distance verkort zich, zodat plotseling nabije stations die op hoge frekwenties werken, kunnen worden gehoord.
Tamelijk veel voorkomend zijn de plotselinge ionosferische verstoringen, bekend als SID's (sudden ionospheric disturbances) of als Dellingers. Deze doen zich voor als een plotseling wegvallen van de kortegolf-ontvangst op vrijwel alle golflengten. Dit effect kan een tijdsduur hebben van enige minuten tot enige uren, waarna de verbindingen zich weer geleidelijk herstellen. Een SID wordt veroorzaakt door een zonne-eruptie, die als een heldere plek op de zonneschijf kan worden herkend. Bij het voorkomen van zo'n zonnevlam worden niet alleen grote hoeveelheden ultraviolet licht en röntgenstraling uitgestoten, maar ook elektrisch geladen deeltjes. De uitgezonden straling die zich met de lichtsnelheid verplaatst, heeft het onmiddellijke effect van de radio blackout (SID), hetgeen voornamelijk wordt veroorzaakt door een plotselinge sterke toename van de D-laag-absorptie, waardoor kortegolfverbindingen wegvallen.
Er zijn ook uitgestelde effecten verbonden aan het voorkomen van een zonnevlam. Deze zijn te wijten aan de uitgestoten geladen deeltjes, zowel protonen als elektronen, die een veel lagere voortplantingssnelheid hebben en eerst ca. 10 à 20 uur later in de omgeving van de aarde arriveren. Daar veroorzaken deze deeltjes een ionosferische storm, vaak gepaard gaande met plotselinge veran-

deringen in het aardmagnetisch veld (magnetische storm) en soms zichtbaar aan het voorkomen van noorderlicht.
De ionosferische storm kenmerkt zich door een turbulente ionosfeer, waardoor de MUF's sterk afnemen en de ontvangst onstabiel wordt. Soms kan de kortegolfcommunicatie voor uren en zelfs wel voor dagen onbruikbaar worden. Ionosferische stormen komen het meest frekwent voor tijdens perioden met hoge zonnevlekkenactiviteit en hebben een sterker verstorend effect naarmate men verder van de evenaar komt. Dit wordt mede veroorzaakt doordat de geladen deeltjes worden ingevangen door de veldlijnen van het aardmagnetisch veld. Deze staan in de omgeving van de magnetische polen loodrecht op de aardoppervlakte, waardoor de geladen deeltjes dáár voor het grootste deel terecht komen.
Behalve met een verlaging van de F_2-muf, vooral tijdens de daguren, met radio blackouts en met een verstrooiing van de F-laag, gaan ionosferische stormen vaak gepaard met het voorkomen van sporadische E-reflecties. Deze verschijnselen kunnen 2 tot 5 dagen aanhouden; tijdens perioden met hoge zonnevlekkenactiviteit is deze periode meestal wat korter: 2 à 3 dagen.

Vele verstoringen van de kortegolf-ontvangst kunnen worden samengevat onder de term „ruis''.
Ruis is in de ontvangst een beperkende factor, omdat de plaatselijk aanwezige signaalsterkte altijd boven het ruisniveau uit moet komen om een verstaanbaar signaal te kunnen opleveren.
Men kan onderscheid maken tussen ruis die in de ontvanger wordt geproduceerd en die welke via de antenne wordt aangeboden. Deze externe ruis kan van atmosferische of van kosmische oorsprong zijn, maar ook „man-made'':door de mens gemaakt. Dit laatste type is vooral dominant in steden, waar zich opeenhopingen van elektrische apparatuur bevinden en waar een druk verkeer is. De opgewekte ruis is voornamelijk afkomstig van elektrische vonken die b.v. ontstaan in de verdelers van verbrandingsmotoren, aan de collectoren van elektromotoren of door gasontladingen. Deze lokale ruis is enerzijds te bestrijden door de antenne zo ver mogelijk te verwijderen van de storingsbronnen en anderzijds door de toepassing van ruisbegrenzers (noise limiters) in de ontvangers, alsmede van ruisfilters bij de bronnen. De lokale ruis is het meest storend bij de lage frekwenties en neemt af naarmate de frekwentie toeneemt. In normale gevallen zal dit ruistype beneden ca. 12 MHz (25 m) storend zijn, daarboven is het vooral de kosmische ruis die bepalend is voor de minimaal noodzakelijke signaalsterkte die een zender ter plaatse moet produceren.
Ook de kosmische ruis neemt af naarmate de frekwentie toeneemt. Het ruisniveau is bij ca. 40 MHz nog maar de helft van dat wat bij 14 MHz wordt gemeten. Kosmische ruis is afkomstig van ruisbronnen buiten onze aarde. Overdag is de zon de belangrijkste ruisbron en 's nachts blijkt de ruis afkomstig te zijn uit bepaalde richtingen van het heelal, b.v. uit de richtingen van de sterrenbeelden Schorpioen en Boogschutter, maar ook van onzichtbare nevels. De kosmische ruis is een

thermische ruis: zij wordt veroorzaakt door de warmtebeweging van moleculen, evenals b.v. de thermische ruis van weerstanden in de ontvanger.
Een heel bekend extern ruisverschijnsel is de atmosferische ruis. Deze staat algemeen bekend onder de naam „static''. Static wordt veroorzaakt door bliksemschichten. Een momentopname van de onweerssituatie op aarde leert dat er zich op elk tijdstip van dag of nacht op vele plaatsen onweersbuien vormen dan wel zich ontladen. Elke bliksemflits is een overslag van een enorme spanning, waarbij een stroom van 20 000 à 100 000 ampère vloeit. Deze verstoring plant zich voort als een radiogolf.De som van alle onweersruis vormt het typische achtergrond-geruis dat bij vele hoogfrekwent-radioverbindingen hoorbaar is . Uiteraard is deze ruis niet overal even sterk. In de buurt van de evenaar is het ruisniveau hoger dan in de gematigde klimaatzones. Evenzo is het ruisniveau boven land hoger dan boven zee, hetgeen mede wordt veroorzaakt door de omstandigheid dat zich veel meer onweersbuien boven land dan boven zee ontwikkelen.
Elektrisch geladen deeltjes, b.v. stof, zand of regen, kunnen gedurende korte tijd op de antenne een soort contactruis veroorzaken, die men soms ook onder „static'' rangschikt. Deze contactruis is te voorkomen door de antenne van geïsoleerde draad te maken; de elektrische ladingen kunnen dan de antennedraad niet meer bereiken.
De interne ruis wordt in de ontvanger zelf opgewekt. Bekende ruisbronnen zijn weerstanden, vooral weerstanden van hoge waarden. Het spreekt vanzelf dat ontwerpers van communicatie-ontvangers rekening hebben moeten houden met de ontvangerruis, omdat dit immers een beperkende factor is voor de gevoeligheid van het toestel.
In de hoogfrekwentversterker van dit type ontvangers worden speciale schakelingen toegepast om de toepassing van weerstanden met hoge waarden te voorkomen. Ook past men speciale ruisarme transistoren (FET's of Mesa-transistoren) toe, teneinde de eigen ruis van de ontvanger ondergeschikt te houden aan de externe ruis.
De in de ontvanger opgewekte ruis is een thermische ruis, veroorzaakt door elektronenbewegingen. De ruisspanning is, zoals kan worden verwacht, afhankelijk van de temperatuur.
Voor de volledigheid dient ook de antenneruis te worden vermeld. Aangezien de antenne energie opneemt (of afstaat), kan men haar een bepaalde weerstandswaarde toekennen. Deze bestaat eigenlijk uit twee delen: de verliesweerstand en de stralingsweerstand. De laatste is een maat voor de hoeveelheid energie die de antenne aan haar omgeving afstaat, c.q. daaruit opneemt. Waar weerstand is, is ook weerstandsruis.
In dit verband wordt de term „equivalente ruistemperatuur'' vaak gebruikt. Dit is de temperatuur die nodig zou zijn om, tengevolge van thermische oorzaken, eenzelfde ruisniveau te produceren als de antenne veroorzaakt. De equivalente ruistemperatuur wordt gewoonlijk uitgedrukt in graden Kelvin (K). (De Kelvin-schaal is gelijk aan de Celsius-schaal, doch ligt in waarde steeds 273° hoger). De ohmse

verliesweerstand van een antenne kan b.v. 300 °K bedragen, terwijl de stralingsweerstand een waarde kan hebben tussen ca. 10 °K en vele duizenden graden Kelvin.
Een verschijnsel dat haast kenmerkend mag worden genoemd voor kortegolfradio-ontvangst, is fading: het periodiek sluieren van de ontvangst. Wanneer de fading diep is, en de verschillen in signaalsterkte dus aanzienlijk met de tijd variëren, gaat deze gewoonlijk gepaard met vervorming. De vervorming treedt in de ontvanger op wanneer de sterkte van de draaggolf ten opzichte van de sterkte van de zijband onvoldoende wordt. De variaties in de signaalsterkte kunnen relatief langzaam verlopen, b.v. één tot vijf perioden per minuut dan wel snel, b.v. 30 tot 60 maal per minuut. Bij de gemiddelde ontvanger is de tijdconstante van de automatische versterkingsregeling (AVR) ingesteld op 0,1 seconde. Aanpassing van de AVR aan de fading-frekwentie is slechts mogelijk bij amateur- en communicatie-ontvangers. De AVR-schakeling werd o.a. ontworpen om het hoofd te kunnen bieden aan grote signaalvariaties op de antenne, waardoor men b.v. bij het afstemmen tevens frekwent de volumeregelaar zou moeten hanteren. De fading-compensatie is echter de belangrijkste taak van het AVR-circuit.
Er zijn een groot aantal typen fading te onderscheiden, waarvan de belangrijkste nu achtereenvolgens worden belicht.

De interferentiefading komt het meest voor. Voor een begrip van het ontstaan van deze fading kan als (niet geheel verantwoord) voorbeeld de zweving of interferentie tussen twee muzikale tonen van een iets verschillende frekwentie dienen. De periodieke verzwakking en versterking treedt op doordat de golflengten van deze tonen iets van elkaar verschillen. Hierdoor zijn de luchttrillingen die ons oor bereiken, periodiek gedurende korte tijd synchroon (in fase) en versterken elkaar dus, terwijl ze even later volledig asynchroon (uit fase) zijn en elkaar verzwakken. Het periodiek sterker en zwakker worden van de toon heet zweving of interferentie. Bij interferentie-fading versterken en verzwakken de signalen van dezelfde bron (die dus niet in frekwentie verschillen) elkaar omdat zij veelal langs verschillende wegen de ontvangantenne bereiken. Deze afwijking, die maar heel klein behoeft te zijn om al aanleiding tot fading te geven, wordt veroorzaakt door bewegingen en onregelmatigheden in de ionosfeer. Ook speelt de breedte van de door de zendantenne uitgestraalde bundel een grote rol, met name over langere afstand. De aan de ontvangantenne arriverende signalen zijn sommaties van een groot aantal uiterst kleine signaaltjes, die onderling op complexe wijze in fase kunnen verschillen. De variatie van de faseverschillen in de tijd geeft aanleiding tot de periodieke sterkteverschillen van het signaal op de plaats waar de antenne zich bevindt.

Reeds eerder werd erop gewezen dat kortegolf-signalen in het algemeen horizontaal zijn gepolariseerd: de elektrische component van het elektromagnetische veld verplaatst zich evenwijdig met het aardoppervlak. Door de reflecties van de

straling tegen ionosfeerlagen en tegen de bodem, blijft er van deze horizontale polarisatie na enkele hops niet zo veel meer over. Dat op zichzelf veroorzaakt geen fading; wèl echter ontstaat fading wanneer de polarisatie van de golf zich periodiek wijzigt.

Bij de ontvangst van ver afgelegen stations draait de polarisatie langzaam terwijl de straling voortijlt. Wanneer dit signaal een antenne treft, zal – aangezien de kortegolf-antenne voornamelijk gevoelig is voor de elektrische component van de uitgezonden straling – de aangeboden signaalsterkte zich dus periodiek wijzigen. Men noemt dit *polarisatie-fading.* Terloops zij nog opgemerkt dat men spreekt van een elliptische polarisatie wanneer de onderlinge relatie tussen het magnetische en het elektrische veld weliswaar blijft bestaan, maar dat beide loodrecht op de bewegingsrichting draaien.

Absorptiefading ontstaat wanneer zich periodieke en kortstondige wijzigingen voordoen in de absorptie die de straling onderweg ondervindt. De periode van dit type fading is gewoonlijk nogal lang, omdat de mate van absorptie in de ionosfeer vrijwel nooit plotseling verandert.

Men zou van de SID kunnen zeggen dat het een extreem geval van absorptiefading is.

Bij kortegolf-overdracht is er gewoonlijk sprake van een skipzone. Dit is de stille zone die zich bevindt tussen de plaats waar het afgestraalde signaal de aarde verlaat en de plaats waar ze voor het eerst op aarde terugkeert. De grootte van de skip hangt af van de reflecterende eigenschappen van de ionosfeerlagen en met name van de F_2-laag. Wanneer de MUF dus, b.v. tengevolge van turbulenties in de ionosfeer, enigszins varieert, verandert daarmee de grootte van de skipzone. Een ontvangstation dat zich net op de rand van de skipzone bevindt, heeft onder die omstandigheden last van *skip fading.* Dit type fading is erg diep en treedt ook plotseling op. De kans op skip fading is groter naarmate de gebruikte frekwentie dichter bij de MUF ligt. In de avonduren kan skip fading met name optreden doordat de reflecterende eigenschappen van de ionosfeer afnemen. Wanneer radiostations dan te lang op één frekwentie blijven werken, wordt die geleidelijk onbruikbaar. In de fase tussen bruikbaar en onbruikbaar treedt dan regelmatig skip fading op.

Soms heeft men er niet alleen behoefte aan om de oorzaak van de fading te kennen, maar ook om deze te omschrijven.

Zo wordt het vóórkomen van zeer *snelle* fluctaties in de signaalsterkte wel omschreven als *flutter fading,* vaak alleen „flutter'' genoemd. Dit is een vorm van interferentiefading, die vooral voorkomt in samenhang met ionosferische verstoringen, dan wel optreedt voor signalen waarvan het traject door of vlak langs de poolzone loopt. De poolzone is een imaginaire zone rond de magnetische polen, waar de absorptie, o.a. door de stand van de veldlijnen van het aardmagnetisch

veld, hoog is. In deze zone komt ook het noorderlicht voor. Voor Europa en voor Noord-Amerika is de poolzone een grote hindernis bij kortegolf-communicatie, met name voor die trajecten die de 60e breedtegraad kruisen. Dit geldt met name voor radiosignalen van Europa naar westelijk Noord-Amerika, en van Amerika naar Noord- en Oost-Europa.

De fading kan soms zó frekwentie-afhankelijk worden dat zij de draaggolf en één of elk der zijbanden verschillend beïnvloedt. In dat geval treedt tijdens de fade tevens een sterke vervorming van het signaal op. Men duidt deze vorm van fading aan met de term *selectieve fading*.
De vele verstoringsmogelijkheden van het signaal bij hoogfrekwent-overdracht en het bestaan van ruis als onderste begrenzing van de bij de ontvanger aanwezige signaalsterkte van de gewenste zender, maken het wenselijk om de ontvanger te voorzien van een sensor, die in staat is de veldsterkte van de passerende radiofrekwente straling om te zetten in kleine spanningen die dan met zo weinig mogelijk verlies bij de ingang van de ontvanger moeten worden afgeleverd.
Deze ,,sensor'' is de antenne.

5. ANTENNES EN VOEDINGSLIJNEN

Antennes spelen in de kortegolfcommunicatie een grote rol. Enerzijds beseft men dat, waar de antenne de „snuffelaar" van de ontvanginstallatie is, dit onderdeel de nodige aandacht verdient, terwijl anderzijds de gebruikte golflengten in dit frekwentiegebied de mogelijkheid bieden om antennes met een bepaalde richtingsvoorkeur of golflengtevoorkeur te gebruiken. Voorts is de antenne een onderdeel van de installatie dat zich tot experimenteren leent – wanneer men daarvoor althans de ruimte heeft – zonder dat dit tot de investering van grote bedragen leidt, terwijl de ontvangstresultaten er wel sterk mee kunnen worden beïnvloedt.
Het is bij het opstellen van een antenne vaak de moeilijkheid van het compromis dat velen ertoe brengt om advies te vragen, en zo blijken antenneproblemen een belangrijk deel van de „technische" vragen te vormen die de staven van kortegolfstations te verwerken krijgen. Voor een redelijk inzicht in de werking van antennes is het nodig dat men zich een aantal termen eigen maakt die in de antennetechniek worden gebruikt.
Allereerst moet worden opgemerkt dat zend- en ontvangantennes reciprook zijn; een zendantenne kan voor ontvangst worden gebruikt en een ontvangantenne – afgezien van de mechanische eigenschappen ten behoeve van de verwerking van het aangeboden zendervermogen – om te zenden. De termen in de antennetechniek zijn echter gebaseerd op zendantennes; men spreekt van een stralingsdiagram, een opstraalhoek e.d., waar voor ontvangantennes misschien beter zou kunnen worden gesproken van een richtinggevoeligheidsdiagram en een instralingshoek. Ter wille van een eenduidige terminologie echter zullen verder de normaal gebruikte technische termen worden gehanteerd en toegelicht.
Antennes kunnen worden onderverdeeld in twee groepen, de afgestemde antennes of staandegolf-antennes en de niet-afgestemde of lopendegolf-antennes.
De meeste niet-afgestemde antennes kenmerken zich door hun grote lengte draad. De afgestemde antennes zijn gewoonlijk ongeveer een halve golflengte of een veelvoud daarvan lang. Een karakteristiek voorbeeld van een afgestemde antenne is de halvegolf ($^1/_2\lambda$)-dipool, een type dat niet alleen voor kortegolf-, maar ook voor FM- en televisie-ontvangst vaak wordt toegepast, al of niet in combinatie met richtinggevende of reflecterende elementen. De lengte van een

antenne wordt gewoonlijk aangegeven in termen van „golflengte", met name wanneer er een relatie bestaat tussen fysische antennelengte en de golflengte waarop zij is afgestemd. Men kan de werkelijke lengte van een halvegolf-dipool voor een bepaalde frekwentie berekenen met behulp van de formule

$$\text{golflengte (m)} \times \text{frekwentie (MHz)} = 300$$

Voor een frekwentie van 20 MHz wordt derhalve een golflengte van $\frac{300}{20} = 15$ m gevonden. De lengte van de $^1/_2\,\lambda$-dipoolantenne wordt dan $7^1/_2$ m.
De antennelengte wordt in professionele literatuur vaak ook vermeld in graden. Daarbij staat 360° gelijk aan een hele golflengte, zodat een lengte van 180° dus overeenkomt met die van een halvegolf-antenne. Ook de afstand van de antenne tot bepaalde referentievlakken, b.v. het grondvlak, wordt vaak aangegeven in graden. Op deze wijze kunnen dus, voor iedere gewenste golflengte, gemakkelijk de werkelijke lengten en afstanden worden berekend: moet onze 15 m-antenne voor optimale prestatie een hoogte van 120° boven het maaiveld hebben, dan komt dit overeen met $\frac{120}{360} \times 15 \text{ m} = 5$ m.

In de antennetechniek wordt altijd een perfect geleidende aarde verondersteld. In werkelijkheid is dit nooit het geval, maar dit is voor hoogfrekwent-antennes niet van groot belang. Enerzijds is de doordringingsdiepte van hoogfrekwent-signalen in de bodem gering, anderzijds worden vrijwel altijd horizontaal gepolariseerde antennes gebruikt, antennes dus waarbij de elektrische component van het uitgestraalde elektromagnetische veld horizontaal gericht is. Men heeft bij deze afgestemde antennes slechts een gering verschil in prestatie kunnen meten bij toepassing boven (droge) zandgronden en (natte) poldergronden. Voor middengolf echter is de bodemgesteldheid van groot belang; een zendmast voor dit golflengtegebied dient zich bij voorkeur op een bodem met goede geleidbaarheid te bevinden. Hetzelfde moet overigens worden opgemerkt t.a.v. sommige lopende-golfantennes, waarbij de bodem optreedt als „spiegel" om een symmetrische antenne te krijgen. Bij de praktische behandeling van enkele antennes komt dit nog nader aan de orde.
Veel antennes vertonen een zekere richtingsgevoeligheid; zij zijn gevoeliger voor de ontvangst uit bepaalde richtingen dan voor signalen uit daarvan afwijkende richtingen. Het is van groot belang om iets over deze eigenschappen te weten te komen.
Een straler die volledig rondomgevoelig is, noemt men een isotrope straler. De zon kan als een isotrope straler worden opgevat; zij zendt naar alle richtingen evenveel licht uit.
We kunnen het bolvormige stralingspatroon van een isotrope radiator vastleggen door de bol denkbeeldig in horizontale en vertikale richting doormidden te snijden. De snijlijnen van de bol met de beide vlakken zijn cirkels. Denken we nu

de stralingsbron, die het midden van de bol was, in het midden van de cirkels, dan hebben we daarmee een horizontaal en een vertikaal stralingsdiagram van de straler vastgelegd, Het horizontale diagram is in fig. 17 getekend. Het is duidelijk te zien dat de straling naar alle kanten even sterk is. Zou dit diagram een ontvangantenne betreffen, dan kan worden vastgesteld dat de antenne in het horizontale vlak *geen* richtingsvoorkeur heeft.

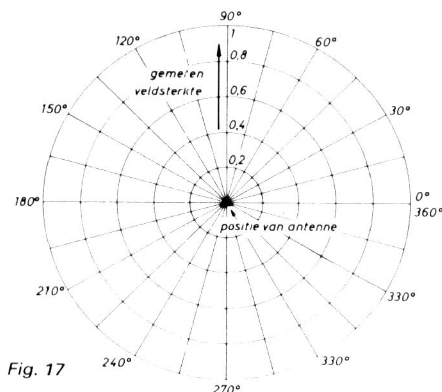


Fig. 17

Door de nabijheid van het aardoppervlak bestaat er geen isotrope antenne. Toch wordt de isotrope straler in sommige landen (USA) nog wel als denkbeeldige referentie-antenne beschouwd, ten opzichte waarvan men de winst in een bepaalde voorkeursrichting dan kan definiëren.

In Europa is de standaard-referentieantenne de halvegolf-dipool, getekend in

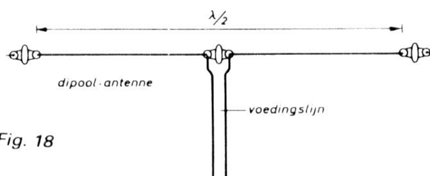


Fig. 18

fig. 18. De antenne bestaat uit twee leden van elk $^{1}/_{4}$ golflengte, van elkaar gescheiden door een isolator. Aan de uiteinden van de horizontale draden zijn eveneens isolatoren aangebracht. Deze scheiden de antenne van haar ophangkabels.

De antenne wordt precies in het midden aangesloten op de voedingslijn, die het signaal aanlevert c.q. afvoert, afhankelijk van het gebruik van de antenne voor zenden of ontvangen. Het horizontale polaire diagram of richtingsdiagram van de dipoolantenne is in fig. 19 gegeven. Het is een soort 8-vorm die op de antenne is

gecentreerd. In zo'n polair diagram wordt de opstellingsrichting van de antenne gewoonlijk niet aangegeven. De beide „lobben" die zich in de richtingen loodrecht op de draadas hebben ontwikkeld, verbinden de punten van gelijke veldsterkte en geven dus een indruk van de richtingsvoorkeur van de antenne.
Het blijkt dat de dipool het minst gevoelig is voor signalen die evenwijdig aan de opstellingsrichting arriveren en het meest gevoelig voor signalen die uit richtingen loodrecht op de spanrichting worden aangeleverd. Dit kan men constateren door, vanaf het centrum van de grafiek, pijlen te trekken naar de verschillende punten van de grafiek. De langste pijlen, die de hoofd-stralingsrichting van de antenne aangeven, kan men trekken naar punten loodrecht op de opstellingsrichting van de antenne.

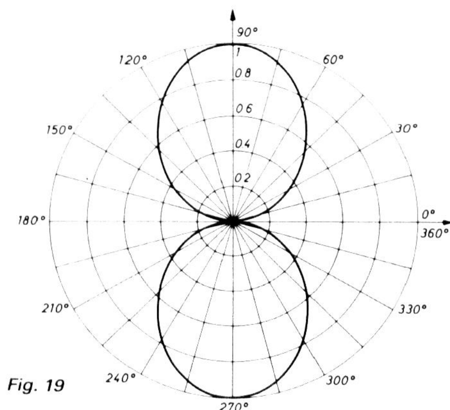


Fig. 19

Het blijkt echter dat in de omgeving van dit punt de prestaties van de antenne slechts weinig afnemen. Men kan een dipool zonder bezwaar 30° van haar nominale richting laten afwijken zónder dat dit tot noemenswaardige signaalverliezen leidt. Die 30° afwijking van de hoofdrichting ligt bij een dipoolantenne dan ook nog binnen de bundelbreedte.
Deze bundelbreedte van de hoofdbundel(s) is gedefinieerd als de hoek, ingesloten tussen de punten van de grafiek die overeenkomen met het *halve* uitgezonden vermogen. Ze zijn in de techniek bekend als de −3 dB-punten. Aangezien de richtingsdiagrammen van antennes gewoonlijk veldsterkte voorstellen in plaats van uitgezonden vermogen, en de relatie tussen beide kwadratisch is, moet men in een veldsterktediagram de hoek nemen tussen de pijlen die een lengte hebben gelijk aan $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}71$ van de maximale veldsterkte. In fig. 19 is te zien dat de bundelbreedte van de dipool in de beide hoofdrichtingen ongeveer 80° is.
Doordat nu niet alle energie rondom wordt uitgezonden, maar een zekere bundeling in bepaalde richtingen optreedt, heeft de dipoolantenne in die richtingen ook

een signaalwinst t.o.v. de isotrope straler. Deze bedraagt 1,64 ×, dat is 2,15 dB. De dipool levert dus bij ontvangst van eenzelfde signaal ook een spanning die 1,64 × sterker is dan men met een rondomgevoelige antenne zou krijgen.
De signaal*winst* in de voorkeursrichting(en) gaat ten koste van signaal*verlies* uit andere richtingen. Men kan bij een verdere bundeling van signaal door b.v. het aanbrengen van meer stralers of van passieve hulpelementen, de versterking van de antenne in de voorkeursrichting nog verder opvoeren. Kortegolf-zendantennes kunnen voor de hogere frekwenties van het spectrum wel winsten hebben van 20 à 22 dB t.o.v. de halvegolf-dipool in de vrije ruimte. De bundel van zo'n antenne wordt dan, zowel in het horizontale als in het vertikale vlak, bijzonder

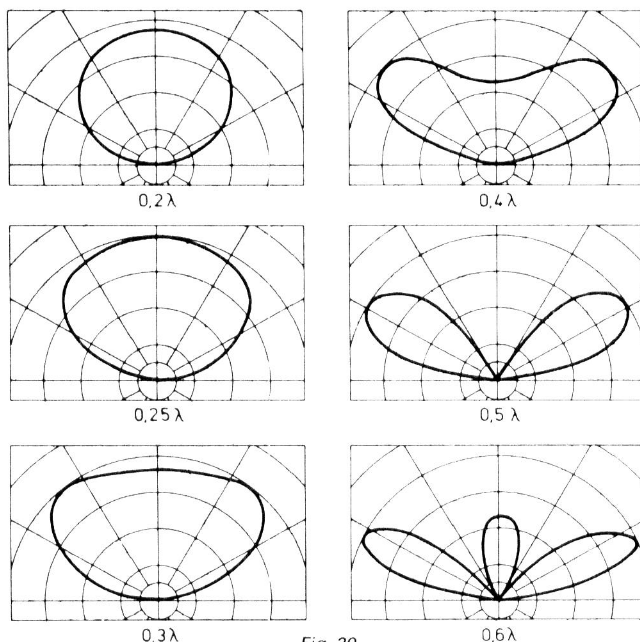


Fig. 20

smal: zo'n 20°. De meeste antennes van kortegolf-luisteraars hebben echter een versterking van −2,15 dB of daaromtrent t.o.v. de halvegolf-dipool-standaardantenne, terwijl goede amateurantennes winsten van ongeveer 7 dB kunnen halen.
De vertikale opstraalhoek, dat is de hoek die de hoofdlob(ben) met de horizon maakt, hangt bij een dipool sterk af van de hoogte boven het maaiveld. In fig. 20 zijn ter illustratie de vertikale stralingsdiagrammen getekend voor verschillende hoogten. Het blijkt dat men bij een te lage opstelling (0,2 λ) een te hoge opstraalhoek krijgt. Bij een te grote hoogte echter ontstaat een bovenlob, waarin signaal verloren gaat door vertikale opstraling. Amateurs en kortegolfluisteraars kiezen voor hun dipoolantennes meestal hoogten tussen 0,3 λ en 0,5 λ, afhankelijk van

de plaatselijke omstandigheden. Voor de diagrammen van fig. 20 geldt dat de spanrichting van de dipool loodrecht op het papier staat. Het ruimtelijke stralingsdiagram van een halvegolf-dipool op ongeveer een halve golflengte boven de grond ziet er ongeveer uit zoals in fig. 21 is getekend.

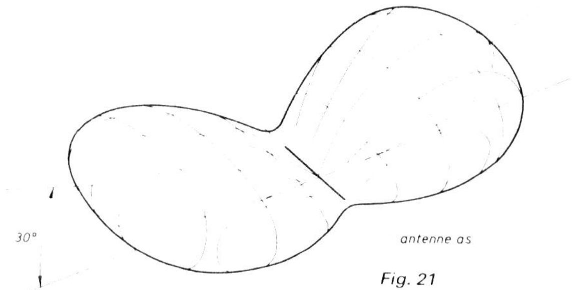


Fig. 21

Het blijkt tevens dat de stralingsweerstand van de antenne afhankelijk is van haar hoogte boven de grond. De stralingsweerstand is de fictieve weerstand die hetzelfde vermogen dissipeert als door de antenne wordt uitgestraald. Wanneer men even afziet van ohmse verliezen in de antenne en in de voedingslijn, dan is de stralingsweerstand gelijk aan de antenne-voedingsimpedantie.
Deze impedantie wordt ohms (een zuivere weerstand dus) wanneer de antenne wordt bedreven op de golflengte waarop zij – door haar lengte – is afgestemd. Wanneer een halvegolf-dipool in het midden wordt gevoed (wat gebruikelijk is), dan heeft de antenne bij resonantie een stralingsweerstand die als volgt afhankelijk is van haar hoogte boven de grond:

hoogte boven bodem(λ)	stralingsweerstand(Ω)
$^1/_8$	36
$^1/_4$	78
$^3/_8$	96
$^1/_2$	75
$^5/_8$	59
$^3/_4$	78
$^7/_8$	83
1	73

De antenne-impedantie van de halvegolf-dipool wordt steeds ohms wanneer de antenne in resonantie komt. De voedingsimpedantie varieert echter van geval tot geval. Zo stijgt deze tot een waarde van ca. 5000 Ω bij een helegolf-dipool en daalt weer tot ca. 90 Ω voor een anderhalvegolf-dipool. Het is belangrijk dat men de voedingsimpedantie van een antenne kent, omdat men daarmee dan bij de keuze van de antennekabel (voedingslijn) rekening kan houden.

Uit het voorgaande overzicht blijkt wel dat de gemiddelde antenne-impedantie van de halvegolf-dipoolantenne ca. 73 Ω bedraagt.
De spanningsverdeling in de antenne blijkt uit fig. 22. In het midden is de stroom hoog, terwijl de spanning minimaal is. Aan de uiteinden echter moet de stroom nul zijn, terwijl de spanning hoog is. Wil men de dipool dus aan het eind voeden in plaats van in het midden, dan zal de ingangsimpedantie van de antenne sterk stijgen. De stralingsweerstand, die aangeeft welk deel van de energie in straling wordt omgezet, blijft echter hetzelfde.
Een eindgevoede halvegolf-dipool heeft een ingangsweerstand van ca. 2500 Ω. Men zegt wel dat een in het midden gevoede halvegolf-dipool stroomgevoed is (stroom hoog), terwijl eenzelfde antenne spanningsgevoed (spanning hoog) is wanneer de voedingskabel aan het eind is aangesloten.

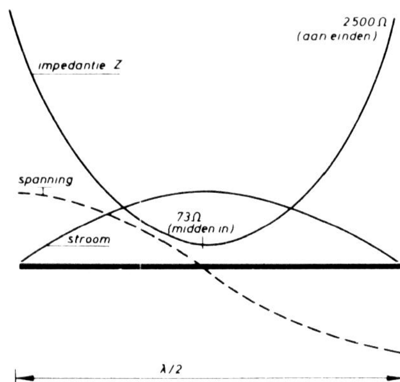


Fig. 22

Het blijkt dus dat de stralingsweerstand en de ingangsimpedantie van een antenne twee verschillende dingen kunnen zijn, wanneer het voedingspunt niet samenvalt met de plaats van de antenne waar de stroom maximaal is. Een halvegolf-dipool wordt opnieuw resonant met redelijk lage ingangsimpedantie bij elke oneven harmonische van de halve golflengte, zoals uit de gegevens onder het overzicht op blz. 53 blijkt.
Een antenne heeft ook een zekere *bandbreedte*. Deze geeft het frekwentiegebied aan waarbinnen de antenne kan worden gebruikt zonder dat de versterking te veel afvalt. De bandbreedte is gedefinieerd als het frekwentiebereik, gecentreerd om de resonantiefrekwentie van de dipool, waarbinnen de staande-golfverhouding op de voedingslijn de waarde 1,41 (3 dB) niet overschrijdt. Wanneer we deze grensfrekwentie aangeven door f_g en de frekwentie waarop de antenne is afgestemd door f_o, dan kan voor de bandbreedte de volgende formule worden gehanteerd:

$$\text{bandbreedte} = \frac{2\,(f_o - f_g)}{f_o}$$

Het blijkt dat de bandbreedte van een dipool mede afhankelijk is van de verhouding tussen de lengte en de draaddikte. Is deze *l/d* b.v. 400, dan is de bandbreedte 0,1; voor 1000 wordt zij 0,076 en voor 5000 ca. 0,062. Deze getallen gelden voor de enkele dipool. De bandbreedte van een zgn. gevouwen dipool is van nature al groter dan de boven berekende.
Een antenne met een bepaalde voorkeursrichting in haar stralingspatroon noemt men wel een gerichte antenne. Zij kan worden gebruikt om signalen, die uit een bepaalde richting komen, sterker te ontvangen dan signalen uit andere richtingen. Men kan m.a.w. de antenne op een bepaald gebied richten.

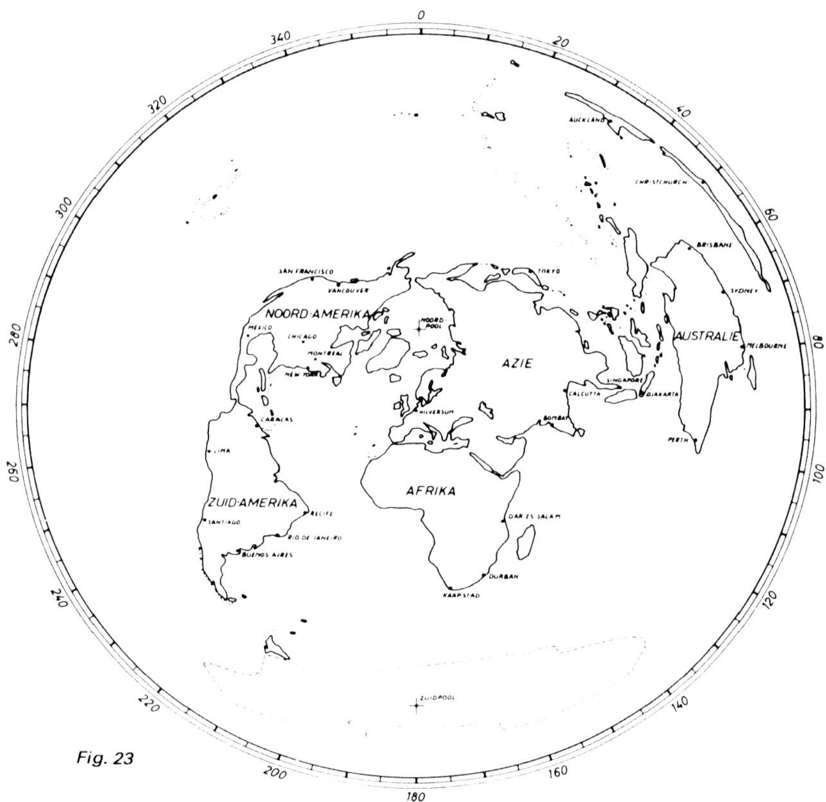


Fig. 23

Om nu het *azimuth* van de antenne te bepalen, d.w.z. de richting waarin de hoofdlob straalt, maakt men gebruik van een wereldbol of van een azimuthale wereldkaart. De wereldbol kan voor elke plaats op aarde worden gebruikt, doch de azimuthale wereldkaart slechts voor een heel beperkt gebied. Fig. 23 geeft een azimuthale wereldkaart om Nederland. Men kan de stralingsrichting van de antenne aflezen door een verbindingslijn te trekken vanuit het centrum naar het

gebied waarvan men bij voorkeur signalen wil ontvangen. Dit blijkt b.v. voor Australië de oostnoordoostelijke richting te zijn. Vervolgens kan men dan de antenne opstellen, rekening houdend met de positie van de hoofdlob t.o.v. de opstelrichting van de antenne. Voor het geval een halvegolf-dipoolantenne wordt gebruikt, wordt de spanrichting dan ongeveer NNW-ZZO. Het azimuth, de stralingsrichting van de antenne dus, wordt steeds opgegeven in graden t.o.v. het geografische noorden. Zo ligt Buenos Aires op ongeveer 230° t.o.v. Amsterdam, zoals met behulp van de kaart kan worden geconstateerd.

Voedings- of transmissielijnen

De verbinding tussen de antenne en de zender of ontvanger wordt gevormd door de voedingslijn. Deze bestaat meestal uit twee geleiders, die óf parallel lopen óf waarvan de één zich concentrisch om de ander bevindt. De parallellijnen zijn symmetrische voedingslijnen, de concentrische lijnen zijn asymmetrisch.

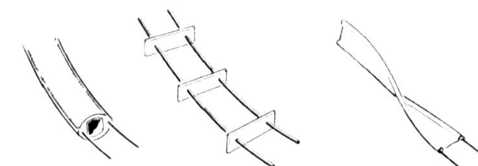


Fig. 24

Symmetrische voedingslijnen worden gewoonlijk gebruikt in combinatie met symmetrische antennes, zoals de dipool. Dit type is gemakkelijk zelf te maken, doch er is ook een overvloedige keuze van op de markt in die landen waar FM-radio en/of televisie worden gebruikt. In fig. 24 ziet men enkele typen afgebeeld. Van links naar rechts zijn dit resp. de buiskabel die, wanneer ze voorzien is van een polyethyleen-schuimvulling, wordt aangeduid met „schuimkabel"; de zeer verliesvrije parallellijn met luchtisolatie (de afstandsisolatoren of „spreiders" hebben isolatie niet als primaire functie) en de bekende platte lintkabel die in vele kwaliteitsvariaties op de markt is. De meeste typen voedingslijnen hebben een zgn. karakteristieke impedantie van 240 of 300 Ω. De karakteristieke impedantie is de weerstand die een wisselstroombron „ziet" wanneer zij op een oneindig lange kabel zou worden aangesloten. De impedantie is ohms. In de praktijk van de transmissielijnen betekent dit dat men de beste signaaloverdracht met de minste verliezen krijgt, wanneer men de beide zijden van de transmissielijn afsluit met impedanties die gelijk zijn aan de karakteristieke impedantie van de lijn. Een 75 Ω-antenne moet dus bij voorkeur op een 75 Ω-voedingslijn worden aangesloten, die op haar beurt weer op een antenne-ingangsimpedantie van de ontvanger van 75 Ω aansluit. Hetzelfde geldt mutatis mutandis voor een zendende dipool.
In de praktijk zal men ernaar streven om de impedanties van zender of ontvanger,

voedingslijn en antenne zoveel mogelijk gelijk aan elkaar te kiezen, zonder zich echter bijzondere zorgen te maken over mogelijke „misaanpassingen" in de orde van 25%.
Het kan soms moeilijk zijn om de beschikking te krijgen over parallel-voedingslijnen met een karakteristieke impedantie – soms ook „golfweerstand" genoemd – die sterk afwijkt van de 300 Ω. Het is echter gemakkelijk om een luchtgeïsoleerde lijn van dit type zelf te maken, wanneer men maar de formule kent die de relatie aangeeft tussen de draaddikte en de hart-op-hart-afstand van de aders. Deze formule luidt:

$$\text{karakteristieke impedantie } Z_o = 276 \log \frac{2a}{d}$$

Hierin is:
a de hart-op-hart-afstand van de geleiders;
d de diameter van elke geleider, in dezelfde eenheden.

Voor de verschillende waarden kan men ook gebruik maken van tabel 8. Hierbij is het „nabijheidseffect" voor de lage impedanties verrekend.

Tabel 8

Karakteristieke impedantie Z_o(Ω)	Hart-op-hart-afstand van de geleiders
75	1,25 × diameter
96	1,4 × diameter
150	1,9 × diameter
200	2,7 × diameter
240	4,0 × diameter
300	6,5 × diameter
350	9,5 × diameter
400	14 × diameter
450	21,5 × diameter
600	82 × diameter

Er bestaat nogal eens behoefte aan 75 Ω-voedingslijn, doch deze is niet overal verkrijgbaar. Aangezien de kleine draadafstand bij het zelf vervaardigen van deze lijn een bezwaar is, wordt erop gewezen dat gewoon met plastic geïsoleerd netsnoer, bestaande uit twee parallelle aders, ook ongeveer een karakteristieke impedantie van 75 Ω bezit. Aangezien bij gebruik buitenshuis de isolatiewaarde van het plastic met de tijd verandert, is het zinvol om, bij toepassing van netsnoer als voedingslijn, deze geregeld (b.v. om het jaar) te vernieuwen.
Een andere belangrijke voedingslijn is de coaxiale kabel. Deze bestaat uit een kerndraad die in het midden van een ronde kabel ligt. De kern is elektrisch geheel afgeschermd door een gevlochten metalen mantel, zoals in fig. 25 is te zien. Deze concentrische kabel is asymmetrisch en kan niet zelf worden gemaakt.

Ook in coaxiale kabels zijn verschillende kwaliteiten beschikbaar, die worden bepaald door de kerndiameter, de kwaliteit van het isolatiemateriaal e.d. Voor toepassing als hoogfrekwent-voedingslijn moet steeds een goede kwaliteit met weinig HF-verliezen worden gekozen. De kabelfabrikanten geven van elke coaxiale kabel de demping op die de kabel over een standaardlengte bij verschillende frekwenties veroorzaakt. Gewoonlijk stijgt de demping snel bij hogere frekwenties, met name boven de 100 MHz.
Coaxiale kabel is beschikbaar in verschillende karakteristieke impedanties, die echter over het algemeen lager liggen dan die voor de symmetrische transmissielijnen. Standaard-waarden zijn b.v. 50 Ω, 60 Ω, 75 Ω en soms ook wel 110 of 125 Ω.



Fig. 25

Veel amateurs hebben, ter indicatie van deze kabel, de Amerikaanse legercodering overgenomen. Men spreekt dan van RG 58 of RG 8 wanneer impedanties van ca. 50 Ω aan de orde zijn, terwijl RG 11 of RG 59 waarden in de buurt van 75 Ω zijn. Het type RG 11/A-AU bijvoorbeeld heeft een impedantie van 75 Ω en een verlies van 1 dB per 100 voet (= 30,5 m) bij 20 MHz. Symmetrische lintkabel van 300 Ω heeft zo gemiddeld een verlies van 0,5 dB onder dezelfde omstandigheden, terwijl de zelfgemaakte luchtgeïsoleerde symmetrische kabel dan slechts 0,1 dB verlies veroorzaakt. Voor de relatie tussen dB en vermogen of spanning wordt naar de tabel op blz. 126 verwezen.
De toepassing van coaxiale kabel heeft, wat de elektrische verliezen betreft, dus nadelen t.o.v. de symmetrische lijn. Voor wat betreft de installatie echter, heeft de coaxiale lijn niet te onderschatten voordelen, zoals later zal blijken. Transmissielijnen worden niet alleen gebruikt voor het transport van signalen, maar ook voor aanpassingsdoeleinden. Bij toepassing van de voedingslijn in combinatie met een afgestemde antenne zullen zich op deze lijn staande golven bevinden, waarbij de impedantie zich van plaats tot plaats wijzigt. Zo kan men zorgen dat een stukje transmissielijn van $^1/_4$ golflengte lang een oneindig hoge impedantie voor de juiste frekwentie blijkt te hebben. Een stukje van $^1/_2$ golflengte lang echter vormt juist een kortsluiting, wanneer ze parallel op de voedinglijn wordt aangesloten.
Men maakt van de eigenschappen van korte stukjes voedingslijn, ter lengte van $^1/_4\ \lambda$, gebruik om bepaalde aanpassingsproblemen tussen antennes en voedings-

lijnen op te lossen. Daarbij komt de juiste lengte van de $^1/_4\ \lambda$-„stub'' er erg op aan, zodat men de afwijking van de voortplantingssnelheid in de draden t.o.v. die in lucht moet gaan verrekenen. Het blijkt nu dat de nabijheid van de aders en de kwaliteit van de isolatie een vertragende invloed hebben op de verplaatsingssnelheid van de energie door de draad. Dit heeft geleid tot de invoering van de zgn. *verkortingsfactor,* een factor die kleiner is dan 1 en waarmee men de *theoretisch* gevonden lengte van stub of antenne moet vermenigvuldigen om de *praktische* lengte te krijgen. Voor transmissielijnen gelden de volgende verkortingsfactoren:

luchtgeïsoleerde parallellijn:	0,95 – 0,97
lintkabel:	0,82
luchtgeïsoleerde coaxiale kabel:	0,85
polyethyleen-geïsoleerde coax.kabel:	0,66

Ook voor de lengten van maatgebonden antennes, zoals de halvegolf-dipool, leiden capacitieve verliezen – b.v. door de eindisolatoren – tot een verkortingsfactor. Deze is mede afhankelijk van de draaddikte en de frekwentie, maar men mag voor het kortegolfgebied als gemiddelde 5% aannemen. Een halvegolf-dipoolantenne wordt dus eigenlijk slechts 0,95 × *λ/2* m lang. Deze afstand wordt gemeten tussen de beide eindisolatoren.

Uit de voorgaande beschouwingen valt af te leiden dat men zich, voor de keuze van een antenne en een voedingslijn, eigenlijk moet richten naar de ingangsimpedantie van de ontvanger. Deze ingangsimpedantie is afhankelijk van de transformatieverhouding in de antennekring van de ontvanger, maar ook van b.v. de ingangsweerstand aan de basis van de eerste transistor in de schakeling.

Van de meeste huiskamerontvangers wordt de antenne-ingangsimpedantie niet opgegeven. Men kan haar veronderstellen om vrij hoog te zijn (tussen 300 en 600 Ω), teneinde aan te passen op de meest gebruikte buitenantenne: de draad van willekeurige lengte.

Bij semi-communicatie-ontvangers en professionele ontvangers wordt de antenne-ingangsimpedantie wel opgegeven. Deze zal meestal laag zijn: 50 of 75 Ω, teneinde aan te passen aan de meestal in combinatie met deze ontvangers gebruikte gerichte antennes.

Wanneer de impedanties van antenne en voedingslijn, of van voedingslijn en ontvanger, onderling niet zijn aangepast, dan zullen op de voedingslijn staande golven gaan optreden. De mate waarin dit verschijnsel zich voordoet, is afhankelijk van de onderlinge misaanpassing en wordt uitgedrukt in de zgn. staande-golf-verhouding of SWR (standing wave ratio). Bij de ideale situatie is de SWR gelijk aan 1, terwijl zij bij het optreden van staande golven wordt bepaald door de formule:

$$\text{SWR} = \frac{U_a + U_r}{U_a - U_r}$$

Hierin is:
U_a de aangevoerde spanning;
U_r de gereflecteerde spanning.

Bij het optreden van een U_r *zal het bovengenoemde quotiënt groter worden dan 1, afhankelijk van de hoogte van* U_r. Het verband tussen de SWR en het optredende vermogensverlies tengevolge van een onjuiste aanpassing is als volgt:

SWR	Vermogensverlies in procenten
1	0
1,5	4
3	25
5	44
10	67

Bij een goed aangepaste installatie zal de SWR gewoonlijk het getal 2 niet te boven gaan.
Op de volgende bladzijden zal aandacht worden besteed aan een aantal combinatiemogelijkheden tussen antennes en ontvangers, waarbij bepaalde voedingslijnen kunnen worden gebruikt. In voorkomende gevallen zullen suggesties worden gedaan om, door middel van aanpassingstransformatoren of door middel van stubs, te komen tot een optimale aanpassing tussen elementen met een verschillende impedantie.
Er zal uit de vele beschikbare antennes een keuze worden gedaan. Wie een meer universeel overzicht over antennes wenst, wordt naar het literatuuroverzicht op blz. 134 verwezen.

De bouw van antennes

Allereerst zijn er een aantal algemene overwegingen die bij de bouw van een antenne zoveel mogelijk in acht moeten worden genomen. Deze zijn:

De isolatie

De isolatie van de antenne moet aan de allerhoogste eisen voldoen om voldoende te zijn voor de hoogfrekwente signalen, die de antenne opvangt. Het gebruik van glazen of geglazuurde porselein-isolatoren wordt aanbevolen. Bekend zijn de „ei"-isolatoren, die meestal met twee of drie stuks per isolatie-punt worden gebruikt. Isolatie is nodig op al die punten, waar de antenne gevaar loopt op signaalverlies, met name tijdens vochtig weer. Andere toepasbare isolatiematerialen zijn b.v. glasfiber, teflon, polypropyleen en diverse andere plastics.
Bij toepassing in de buitenlucht zijn niet alleen de isolerende eigenschappen en

De afscherming

Wanneer de voedingslijn een enkele draad is die stoorvelden moet passeren, dan kan het handig zijn om het desbetreffende deel van deze voedingslijn te vervangen door een coaxiale kabel, waarvan de buitenmantel wordt geaard. Op deze wijze beschermt men de binnenader tegen het opnemen van stoorimpulsen, die de ontvangst hinderlijk kunnen beïnvloeden. Wanneer de voedingslijn tengevolge van de antennekeuze reeds een coaxiale kabel was, dan moet de gevlochten metalen afschermmantel in het algemeen *niet* worden geaard. Blijkt echter dat stoorsignalen via de buitenmantel de ontvanger binnendringen, dan kan aarding van deze buitenmantel, bij wijze van proef, worden geadviseerd.
Wordt lintkabel als voedingslijn gebruikt, dan kan storing in het algemeen worden verminderd door de ader over afstanden van ca. 1,5 m tussen twee steunpunten enkele slagen te twisten. Tussen de volgende twee steunpunten wordt de kabel dan in de andere richting met hetzelfde aantal slagen getwist, zodat de stoorspanningen elkaar opheffen. Baat deze maatregel onvoldoende, dan kan men misschien afgeschermde lintkabel gebruiken. De afschermmantel is weer van gevlochten metaaldraad. Deze moet met een aardpunt worden verbonden. Er wordt op gewezen dat afgeschermde lintkabel ongeveer tweemaal zoveel verlies geeft als normale lintkabel, zodat de toepassing van deze kabel tot de noodzakelijke lengte dient te worden beperkt.

De aardleiding

Een goede aardleiding wordt weinig meer toegepast, maar kán zeer belangrijk zijn in combinatie met bepaalde antennetypen, dan wel voor het afvoeren van stoorsignalen. Een goede aardleiding wordt in het algemeen niet verkregen door een koperen buis tot het grondwater de grond in te drijven, aangezien het contactvlak tussen het koper en de grond dan vaak te gering is.
Een betere methode is het graven van een sleuf van ca. 1 m diep en ongeveer 3 m lang. Hierin wordt dan een platte koperen strip gelegd, met een zo groot mogelijke oppervlakte. Meestal zal een strip van 1 of $1^1/_2$ mm dik en 4 cm breed al ruim voldoende zijn. Eén einde komt boven de grond, zo dicht mogelijk bij de plaats waarboven zich de ontvanger bevindt.
Het verdient aanbeveling om de koperen strip op een bed van gemalen houtskool te leggen. Eventueel kan wat steenzout worden toegevoegd. De sleuf kan het beste worden aangevuld met een grondsoort die vocht doorlaat. Leem is dus ongeschikt.
Een blijvend goede aarde wordt verkregen wanneer men de plaats, waar de aardleiding zich bevindt, van tijd tot tijd nat houdt, b.v. door haar onder een hemelwaterafvoer aan te brengen. De koperen strip wordt, zo mogelijk met hardsoldeer, aan een dikke draad bevestigd (b.v. koperdraad dat voor huisinstallaties wordt gebruikt), dat dan voor een zo kort mogelijke verbinding met de ontvanger zorgt. Wie een snellere installatie wenst, kan ook op een oppervlakte van ca. 2×2 m, een

vijftal koperen pijpen ter lengte van ca. 2 m, in de grond drijven. De bovenkanten van de vijf buizen worden onderling met een koperen strip doorverbonden. Deze strip kan eventueel ook een eindweegs de afstand tussen aardleiding en ontvanger overbruggen. Ook nu is het weer gewenst om de plek waar de aardpennen zich bevinden, van tijd tot tijd grondig te bevochtigen, zodat er een goed aardcontact blijft bestaan.

Bliksembeveiliging

De beste bliksembeveiliging is het verwijderen van de antennesteker uit de radio bij naderend onweer. Automatische bliksembeveiliging is mogelijk door het opnemen van een edelgaspatroon in de antenneleiding, zoals in fig. 26 is getekend. Bij een voldoend hoge spanning op de antenne zal de eigenlijke patroon geleidend worden en de spanning afvoeren naar aarde. De aansluiting is schematisch weergegeven. Deze bliksembeveiliger is onder normale omstandigheden een isolator. Overigens is de werking ervan nooit geheel betrouwbaar en de traagheid soms te groot voor transistorapparaten, die voor overbelasting gevoeliger zijn dan buizenontvangers. Vandaar dat in fig. 26 extra een schakelaar is getekend die u bij naderend onweer kunt omzetten.

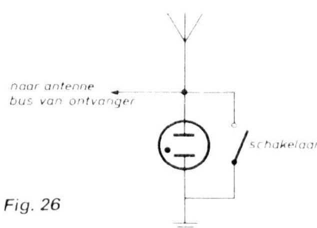


Fig. 26

Aangezien het juist de tere ingangskring van de radio is die bij plotselinge spanningsverhoging in de antenne defect raakt, en dit onderdeel vaak moeilijk te vervangen is, verdient de bliksembeveiliging de aandacht in die gebieden, waar onweer geregeld voorkomt.
Sommige ontvangers zijn inwendig beveiligd tegen te hoge spanningen op de antenne door middel van een snel reagerende edelgasoverspanningsbeveiliger. Dit onderdeel, ter grootte van een dikke boordeknoop, wordt aangesloten tussen de antenne-ingang en het chassis.
Bij autoradio's treft men ook wel een klein (90 V) neonbuisje aan (waarvan de eventuele serieweerstand in de fitting is verwijderd), dat op dezelfde wijze is aangesloten.

Centraal antennesysteem

Centrale antennesystemen hebben tot veel klachten aanleiding gegeven. Bij nadere oriëntering blijkt echter dat deze meestal betrekking hebben op de oudere systemen, die nog met buizen waren uitgerust. Op zich behoeven ook deze niet slecht te zijn, doch het blijkt dat een streng periodiek onderhoud noodzakelijk is om het systeem in een goede staat te houden. Bij de moderne transistorapparatuur is dit periodieke onderhoud eveneens nodig, doch het behoeft niet meer zo vaak te gebeuren.
Soms is het mogelijk om met behulp van een centrale antenne een goede kortegolfontvangst te bereiken, doch vaak beperken de versterkers het bruikbare golflengtegebied tot een kleinste golflengte van ca. 30 m. In dat geval wordt vaak aan de eigen – soms eenvoudige – antenne de voorkeur gegeven.
Bij veel flatgebouwen zijn beperkende maatregelen voor het aanbrengen van antennes van kracht. Deze beperkingen hebben veelal betrekking op FM- en televisie-antennes, maar worden soms ook op draadantennes toegepast.
Het blijkt echter dat bij nauwkeurige bestudering van plaatselijke voorschriften en „regels van het huis'', de mogelijkheid voor het spannen van een redelijke antenne vaker aanwezig is dan men op grond van de geruchten zou kunnen geloven. In dit verband kunnen informaties via plaatselijke radio-amateurs soms zeer verhelderend werken.

Nu globaal op een aantal voorwaarden is gewezen die met de installatie van een antenne verband houden, kan met het eigenlijke werk worden begonnen. Het exemplaar waarop de keuze zal vallen, loopt de kans om, in de loop van de tijd, te evolueren van een eenvoudige spriet of een simpele draadantenne naar een gericht antennesysteem. Er zal aan alle bekende en handige antennetypen in dit opzicht aandacht worden besteed.
Bij de installatie van antennes is het van belang dat men de kunst van het solderen beheerst. Solderen is het maken van een verbinding door middel van vloeibaar metaal, een mengsel van tin en lood dat zich aan andere metalen hecht. Metalen als koper, brons en zink laten zich gemakkelijk solderen, wanneer zij vetvrij zijn gemaakt en de temperatuur van het metaal hoog genoeg kan worden opgevoerd om het soldeer te laten vloeien. Gewoonlijk wordt een draadverbinding, na het schoonmaken met b.v. schuurpapier, eerst in mechanische zin voltooid door het op de juiste wijze in elkaar draaien van de aders. Pas daarna wordt de las verzekerd en tegen corrosie beschermd door deze te solderen. Een streekje verf kan dan de „finishing touch'' zijn.
Voor het solderen wordt gewoonlijk harskernsoldeer gebruikt. Het gebruik van soldeerpasta of soldeerwater moet worden ontraden, aangezien zich daarin zuren kunnen bevinden die het metaal aanvreten nadat de las is gemaakt en op den duur dus toch breuk veroorzaken.
Wie het niet aandurft om te solderen, maar tóch een antenne wil aanleggen, kan volstaan met de draden, na zorgvuldig schoonkrabben met een mesje, in elkaar

te draaien; de las eventueel met dun koperdraad in naast elkaar liggende windingen af te binden en ten slotte met behulp van verf of isolatieband zo goed mogelijk voor corrosie te behoeden.

De eenvoudigste antennes zijn ook de meest voorkomende. Soms moet een antenne wel eenvoudig zijn, omdat externe factoren het opstellen van een hoogwaardige antenne-installatie verhinderen. In de eenvoudige antennes vindt men allereerst drie typen: de binnenantenne, de staafantenne en de draadantenne.

De binnenantenne

De beperkingen op het buitenshuis opstellen van een antenne kunnen soms dermate scherp zijn dat u geen andere mogelijkheden overhoudt dan deze binnenshuis te spannen. Om de resultaten ook onder die omstandigheden zo gunstig mogelijk te maken, moet men er rekening mee houden dat de radiosignalen door muren worden verzwakt en dat binnen een constructie van gewapend beton slechts heel weinig signaal doordringt. Span uw antenne derhalve ook voor het raam langs en spiraliseer de draad om de lengte zo groot mogelijk te maken. Vaak zal koperdraad op den duur wat gaan doorzakken, zodat ijzerdraad van voldoende dikte dan beter voldoet. Ook nu is het belangrijk om zorgvuldig te isoleren en zoveel mogelijk rekening te houden met de verstrekte algemene informatie.

De staafantenne

Een uitvoeringsvorm van dit type is in fig.27 gegeven en kan worden toegepast wanneer vensterbankmontage mogelijk is. De lengte speelt een belangrijke rol: een auto-antenne zal veel minder presteren dan een staafantenne van 4 of 5 meter of een draad van die lengte, die op voldoende afstand van de muur wordt omhooggebracht.

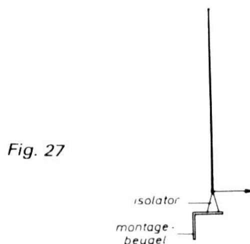


Fig. 27

De isolator moet van goede kwaliteit zijn om de hoogfrekwente verliezen zoveel mogelijk te beperken. Aan de onderzijde van de antenne wordt een draad bevestigd die het signaal naar de radio voert.
De top van de antenne verdient met name onze aandacht. Een scherpe punt vergroot de kans op kraakstoringen uit de lucht. Het is dus zaak de top van de

antenne af te ronden, b.v. door deze van een metalen bolletje te voorzien. Hoe groter dit bolletje is, des te beter zal de antenne reageren.
De staafantenne zal in het algemeen te kort zijn om als een afgestemde $^1/_4$-golflengte „geaarde" antenne te kunnen worden gebruikt. Het is echter mogelijk om haar lengte elektrisch voor een andere golflengte aan te passen door toepassing van een zgn. *verlengspoel* aan het einde in geval de mechanische antennelengte te klein zou zijn voor $^1/_4\,\lambda$ en met behulp van een zgn. *verkortingscondensator* wanneer de antenne te lang zou zijn om als afgestemde $^1/_4\lambda$-antenne dienst te kunnen doen.
De verkortingscondensator is meestal een draaibare condensator met luchtdiëlektricum ter waarde van 150 à 250 pF. De verlengspoel kan men zelf wikkelen. Men heeft hiervoor een stuk PVC-buis nodig met een dikte van ca. 5 cm, dat bewikkeld wordt met geëmailleerd koperdraad van 1 à $1^1/_2$ mm diameter. Tussen de windingen laat men een ruimte die globaal gelijk is aan de draaddikte óf iets groter. Op die wijze krijgt de spoel een betere Q en worden ook de verdere bewerkingen gemakkelijk. Voor een goede verlengspoel zal men ca. 25 windingen nodig hebben, waardoor een wikkellengte van ca. 10 cm kan worden gereserveerd.

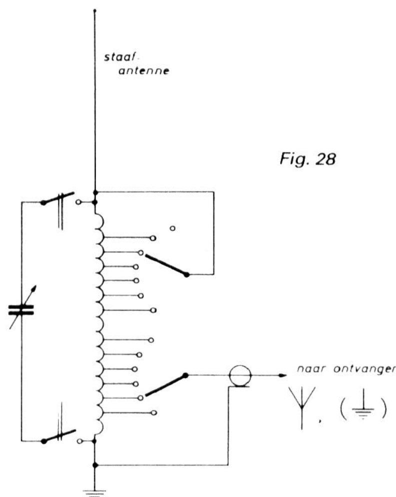


Fig. 28

Om de spoel universeel inzetbaar te maken, worden schakelaars toegepast die delen van de wikkeling kunnen overbruggen. Dit is in fig. 28 aangegeven. Er is een schakelaar met één moedercontact en 7 standen als zodanig toegepast teneinde aftakkingen op de spoel, die bij elke tweede winding kunnen worden gemaakt, te kunnen kortsluiten. De draadjes tussen de aftakpunten en de schakelaar kunnen dun zijn. Een soortgelijke schakelaar wordt gebruikt om de aanpassing van de (75 Ω) coaxiale kabel op de antenne zo goed mogelijk te maken. Ten slotte is de

variabele verkortingscondensator (waarvan het draaibare platenpakket aan aarde ligt) in het circuit te brengen door middel van een schakelaar met twee moedercontacten en twee standen. De spoel, de condensator en de drie schakelaars kunnen in een doos worden ondergebracht, die aan de voet (of nabij de voet) van de antenne wordt gemonteerd.
In feite behoort deze antenne op het maaiveld te worden geplaatst, waarbij de denkbeeldige andere helft die het tot een dipool zou maken, dan door de aarde wordt gecompenseerd. Een behoorlijke aarde is dus nodig, zoals in de tekening reeds schematisch werd aangegeven.
Wanneer deze wijze van opstellen onmogelijk is, kan men ook eventueel een korte aardleiding, b.v. met een lengte van één meter, naar het aardpunt gebruiken. Op die wijze wordt het afstemmen van de antenne voor de verschillende golflengten wat gemakkelijker.
De lage opstelling van deze aanpasbare vertikale antenne verkleint het rendement, met name wanneer obstructies als bomen en gebouwen in de omtrek een deel van het signaal wegvangen. Daarom is de staafantenne met *kunstmatig* grondvlak, beter bekend als de ground-plane-antenne, een type dat meer wordt gebruikt dan de aangepaste staafantenne.

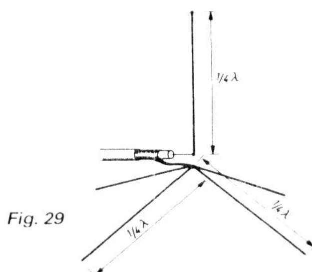


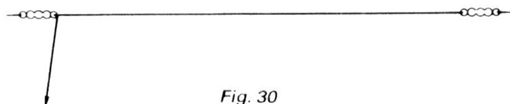
Fig. 29

De ground-plane-antenne is geïllustreerd in fig. 29. Zij is opgebouwd uit een vertikale straler, meestal bestaande uit een aluminium staaf, die 3% korter wordt gekozen dan $^1/_4$ λ, waarop zij is afgestemd. Dit beperkt in feite de toepasbaarheid van de ground plane tot golflengten van 19 meter en korter, aangezien de staaflengte anders wat te groot wordt voor een esthetisch nog verantwoorde antenne.
De staaf kan worden gesteund door twee porseleinen isolatoren, waarmee hij met de onderzijde tegen een schoorsteen is gemonteerd.
Midden onder de voet van de staaf kan men een koperen schijfje aanbrengen, van waaruit vier stralers vertrekken in een benedenwaartse richting. De hoek tussen de vertikale staaf en elk van de stralers kan het beste ca. 120° à 145° worden gemaakt. De stralers kunnen bestaan uit koperdraad. De lengte van elke straler is gelijk aan de antennelengte. De vier stralers worden onderling onder hoeken van 90° opgesteld; de spanrichtingen staan dus haaks op elkaar.

De ground-plane-antenne wordt gewoonlijk gebruikt in combinatie met een 50 of 60 Ω coaxiale kabel. De binnenader van deze kabel wordt verbonden met de vertikale staaf, terwijl de afschermmantel aan de koperen ring in het hart van de stralers wordt aangesloten. Aan de ontvangerzijde wordt de kerndraad van de coaxiale kabel verbonden met de antenne-ingang, terwijl de afscherming aan de aardaansluiting wordt gelegd. De ground-plane-antenne is in het horizontale vlak rondom gevoelig. In het vertikale vlak neemt de gevoeligheid af, naarmate de signalen steiler invallen. De antenne is derhalve zeer geschikt voor kortegolf-ontvangst, speciaal wanneer men zich voornamelijk op één golflengteband concentreert. De gevoeligheid van de antenne valt meer af naar de lagere frekwenties dan naar hogere frekwenties, zodat wordt aanbevolen om haar af te stemmen op de laagste frekwentieband waarnaar men geregeld luistert. Zoals eerder opgemerkt, zullen mechanische beperkingen dan meestal wel tot een 19 m groundplane leiden.

Draadantennes

De meeste kortegolfantennes zijn horizontaal of ongeveer horizontaal gespannen. De meest gemakkelijke antenne is uiteraard de draad van willekeurige lengte, die meestal wordt aangeduid als de ,,L''-antenne, omdat men de voedingslijn – ten onrechte – mede als een stuk van de antenne beschouwt (fig. 30). Voor kortegolf-ontvangst is het wenselijk de lengte van de draad te kiezen tussen ca. 6 en 25 m. Een te korte antenne heeft gebrek aan opvangcapaciteit, maar een te lange antenne gaat, met name voor de hoge frekwenties, een duidelijk richtingseffect vertonen, hetgeen dan onmiddellijk de spanrichting zou beïnvloeden.


Fig. 30

De impedantie van deze antenne is globaal 600 Ω. Het stralingsdiagram is ongeveer een cirkel, zij het dat er, tengevolge van lokale omstandigheden, hier en daar een bult op die cirkelomtrek kan voorkomen.
De gemakkelijke installatie en weinig kritische afmetingen hebben de L-antenne tot de meest gebruikte kortegolfantenne gemaakt.
Het is mogelijk de prestaties nog te verhogen door toepassing van een antenne-aanpassingseenheid, die gemakkelijk zelf is te maken en waarvan het effect op de signaalsterkte aan de ontvanger vaak frappant is, vooral in de hogere frekwenties. De aanpassingseenheid ziet er schematisch uit zoals in fig. 31a is aangegeven. Fig. 31b laat een praktische uitvoeringsmogelijkheid zien. De beide afstemcondensatoren kunnen een maximale capaciteit van 365 tot 470 pF heb-

ben. Typen met lucht-diëlektricum worden aanbevolen. De schakelaar is weer een type met één moedercontact en 7 standen; de stand van de schakelaar bepaalt wélk deel van de spoel wordt kortgesloten.
De spoel kan worden gewikkeld op een stukje PVC-buis van 2,5 cm diameter en met een lengte van 8 cm. Het beste kan 1 mm geëmailleerd koperdraad worden gebruikt, dat weer gespatieerd wordt gewikkeld. De spatie is gelijk aan de draaddikte. De spoel bevat 15 windingen. Aftakkingen worden gemaakt op de 12e, de 9e, de 7e, de 5e, de 4e en de 3e winding. Dat zijn 6 aftakkingen, die dus met de schakelaar kunnen worden verbonden. De 7e stand van de schakelaar is een loze stand; hierbij wordt dus de totale spoellengte benut.

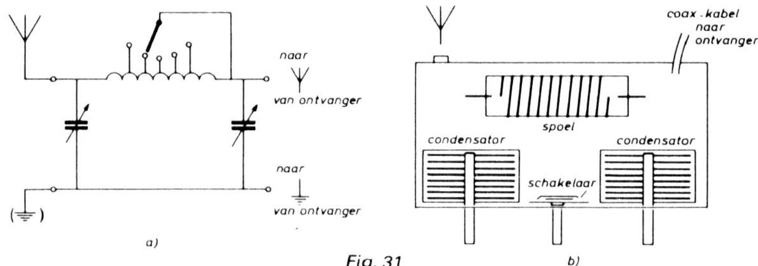


Fig. 31

De aftakkingen kan men het beste maken door ter plaatse met een mesje de emailisolatie van de draad te krabben en de plek daarna met behulp van een soldeerbout te vertinnen. Aanhechting van een dun schakeldraadje is dan snel gebeurd.
De aanpassingseenheid, soms wel „antenne-afstemmer" of „antenne-tuner" genoemd, wordt enerzijds op de draadantenne aangesloten en voorts met de antenne- en aardebus van de ontvanger verbonden d.m.v. een *korte* coaxiale kabel. De aardverbinding is essentieel, aangezien de hulpeenheid in feite deel uitmaakt van de antennekring van de ontvanger, die zich eveneens tussen de antennebus en het chassis bevindt.
Deze eenheid staat in de techniek bekend als het π-filter en wordt met name toegepast om aanpassing tussen een hogere en een lagere impedantie te realiseren.

Een antenne die wat meer aan maten is gebonden, doch die dan ook wat betere resultaten kan geven dan de L-antenne is de Windom-antenne.
Dit antennetype geeft de beste resultaten op alle even harmonischen van de frekwentie, waarop zij is afgestemd. Een type dat voor 25 m wordt gemaakt, zal dus ook op 13 m een meer dan normale prestatie leveren.
Schematisch ziet de Windom-antenne er uit zoals in fig. 32 is weergegeven. Het horizontale deel is 5% korter dan $^1/_2$ λ waarop de antenne is afgestemd. De enkeldraads-voedingslijn wordt aangehecht op een punt dat zich op het, 0,36e deel van de lengte bevindt. Het juiste aanhechtingspunt kan desgewenst nog in de praktijk

worden vastgesteld door de voedingslijn in een lus om de antenne te slaan en dan vervolgens, met de radio op de juiste frekwentieband afgestemd, te letten op de grootste signaalsterkte. Er moet op worden gelet dat de voedingslijn gedurende ca. $^1/_4$ λ lang loodrecht op de antennerichting staat; dit in verband met de onderlinge beïnvloeding van beide.

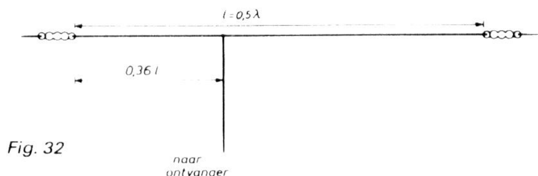


Fig. 32

Ter afsluiting van deze categorie draadantennes een type met richtingseffect. Het is de Beverage-antenne, een lopende-golftype, dat met succes kan worden gebruikt over een frekwentiebereik 2:1 (dus b.v. van 9 tot en met 18 MHz). De Beverage-antenne heeft richtingseffect in de draadrichting van de antenne voor signalen die zich langs de draad naar de ontvanger toe verplaatsen.
De Beverage behoort tot de categorie „lange-draad"-antennes, typen waarvan de winst én het richtingseffect toenemen naarmate ze langer worden. De minimumlengte van het horizontale deel van de antenne als in fig. 33 is aangegeven, bedraagt één golflengte, doch pas bij 3 golflengten kan men van een behoorlijke antennewinst spreken.

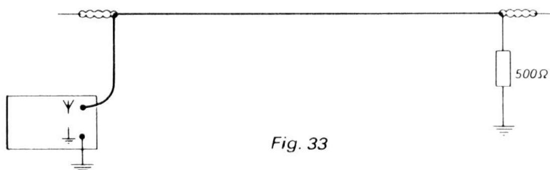


Fig. 33

De antenne wordt horizontaal gespannen op een hoogte van 6 à 10 m. Aan het einde wordt zij afgesloten met een koolweerstand van 500 Ω, waarvan de andere aansluiting is verbonden met een goede aarde. Ook moet de aardleiding van de ontvanger worden gebruikt, zodat men twee aardpunten moet installeren.
Evenals de Windom-antenne zal de Beverage-antenne de beste resultaten opleveren boven een goed geleidende grond: klei, veen e.d. Het spannen van de antenne over water geeft uiteraard nog betere resultaten!
In de praktische uitvoering zullen diverse (houten) palen nodig zijn om een dergelijke lange antenne te steunen, terwijl de mechanische eisen aan de toegepaste draad hoger worden. Zo zal wellicht staaldraad met een koperen kern, al of niet geïsoleerd, de beste toepassingsmogelijkheid bieden. Wanneer het niet mogelijk

is om de antenne evenwijdig aan het maaiveld te spannen, doch men bezit wél voldoende ruimte, dan kan de omgekeerde V-antenne worden gemaakt. Dit is in feite een Beverage-antenne, waarvan het midden is opgetild en waarvan de einden bij de ontvanger en bij de afsluitweerstand op ongeveer gelijke hoogten kunnen zitten. Van opzij gezien, vormt het draadprofiel dan een omgekeerde letter V (fig. 34).

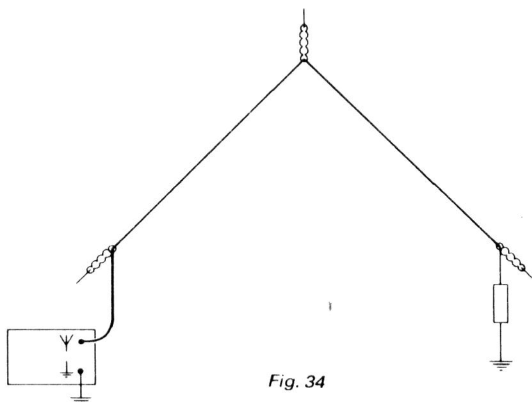


Fig. 34

In de praktische zin zal het afspanpunt bij de ontvanger dus op de begane grond bij een raam zitten, op een punt waar men ook over een aardleiding kan beschikken. Het centrale ophangpunt kan een paal zijn, maar b.v. ook een houten mastje dat aan de schoorsteen is bevestigd, zodat de V als het ware over het huis heen is gespannen.

Dipoolantennes

De dipoolantenne geldt in de antennetechniek als een standaard. De enkele dipoolantenne heeft een duidelijke impedantie van 73 Ω, een duidelijke lengte van een halve golflengte (minus 5% vanwege de capacitieve verkorting) en een duidelijke richtingsvoorkeur voor signalen die ongeveer loodrecht op de draadas staan.

Voor deze dipool wordt gewoonlijk een 75 Ω symmetrische voedingslijn toegepast. Gewoonlijk wordt de aansluiting van de voedingslijn aan de antenne gesoldeerd. Voor een voldoend stevige las wordt eerst gezorgd voor ontlasting van mechanische spanningen op de geleiders. Dit kan gebeuren door de voedingslijn één slag om de centrale isolator te bevestigen en met een plastic klemmetje of wat isolatieband vast te zetten. Daarna worden de beide aders met behulp van een mesje blootgelegd en de aansluitingen met de draadeinden aan weerszijden van de isolator gemaakt.

In principe is de dipoolantenne slechts voor een beperkt golflengtebereik ge-

schikt. Op hogere frekwenties zal de antenne gemiddeld een betere prestatie blijven geven dan een draadantenne van willekeurige lengte; op lagere frekwenties is dit nauwelijks het geval.
De spanrichting van de antenne wordt bepaald door de voorkeur van de luisteraar. Met behulp van de grootcirkelkaart (fig. 23) kan deze optimaal worden bepaald. Neemt men het polaire diagram van de antenne in aanmerking, dan wordt het duidelijk dat de opstellingsrichting een ruime marge vertoont.
De dipoolantenne kan geschikt worden gemaakt voor het gebruik op verschillende frekwenties door de toepassing van parallelkringen in de horizontale leden van de antenne. Deze kringen bestaan uit een spoel met parallel daaraan een condensator, en worden afgestemd op bepaalde frekwenties. Voor die frekwentie vormt de kring dan een zeer hoge weerstand, doch voor de overige frekwenties

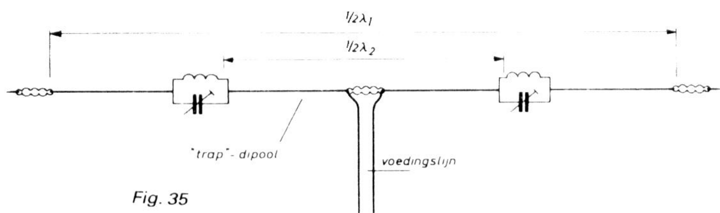


Fig. 35

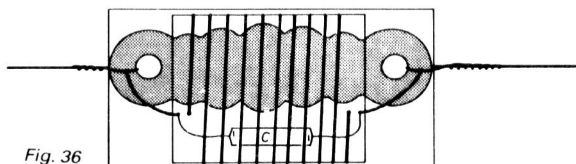


Fig. 36

een lage weerstand. Men kan de kringen wanneer ze in resonantie zijn dus beschouwen als isolatoren. De toepassing van de parallelkringen in een dipool maakt het mogelijk om de antenne voor verschillende frekwenties resonant te maken. In fig. 35 is dit schematisch aangegeven. De mechanische lengte van de antenne wordt bepaald door de grootste golflengte waarop zij wordt afgestemd. Op dié plaatsen waar men, voor andere golflengten, isolatoren had moeten toepassen, worden deze weliswaar ingevoegd, doch overbrugd door de parallelkring. Fig. 36 geeft een praktische oplossing van zo'n „wavetrap". In verband met de vereiste selectiviteit van de kring wordt een grote spoeldiameter toegepast, terwijl een draaddikte van $1^1/_2$ mm wordt gekozen. De windingen worden gespatieerd. Bij een spoeldiameter van 5 cm en een onderlinge windingafstand van 4 mm wordt bij 15 windingen een zelfinductie bereikt van 10 μH. Met een parallelcondensator van ca. 50 pF kan dan resonantie op ca. 7 MHz worden bereikt.
Voor andere frekwenties wordt het windingsgetal van de spoel anders: kleiner

voor hogere frekwenties en eventueel groter voor lagere frekwenties. De resonantiefrekwentie kan dan op de juiste waarde worden ingesteld door een variabele condensator (trimmer, padder) toe te passen. Hierbij kan het beste een zgn. grid-dipper worden gebruikt; dat is een instrument waarmee men de resonantiefrekwentie van een kring (óf van een antenne) kan meten.
In de tabel op blz. 125 worden ook enige spoelgegevens vermeld. Met behulp van de resonantieformule kan dan tevens worden bepaald wélke capaciteiten nodig zijn om de kring bij de gewenste frekwenties in resonantie te brengen.
Dit antennetype is internationaal bekend als de „trap''-dipool.
De enkele dipool en de „trap''-dipool hebben voor een aantal ontvangers één bezwaar: de impedantie van de antenne is aan de lage kant voor toepassing in combinatie met huiskamerontvangers, zodat veel signaalverlies optreedt door staande golven op de voedingslijn.
Er zijn voor dit probleem twee oplossingen mogelijk: de toepassing van een dipool met een hogere stralingsweerstand, zodat ook een voedingslijn met een hogere karakteristieke impedantie kan worden gebruikt; óf het aansluiten van een impedantietransformator tussen de voedingslijn van hoge impedantie en de antenne van lage impedantie.
Heel bekend zijn de 4 : 1 impedantie-transformatoren, die in een later stadium aan de orde zullen komen. Vooralsnog is het gemakkelijker om aan de hoge ingangsimpedantie van de gemiddelde ontvanger tegemoet te komen door toepassing van b.v. 300 Ω-televisievoedingskabel – die overal verkrijgbaar is – en een antenne met een impedantie van ongeveer dezelfde waarde.

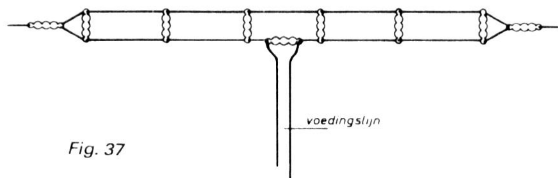


Fig. 37

Het is bekend dat de stralingsweerstand van een dipool kan worden vergroot door een geleider parallel aan de antenne aan te brengen en de einden van die geleider met de einden van de enkele dipool te verbinden. Men krijgt dan een *gevouwen dipool*. Deze is schematisch in fig. 37 aangegeven. Wanneer de draaddiameter van de parallelgeleider dezelfde is als die van de eigenlijke antenne wordt de stralingsweerstand van de dipool verviervoudigd, dus van 73 op 292 Ω gebracht. Bij de toepassing van parallelgeleiders met een andere diameter kunnen andere stralingsweerstanden optreden (zie blz. 127). Het is ook mogelijk om twee parallelgeleiders aan te brengen in plaats van één. In dat geval stijgt de impedantie van de antenne tot 9 × de nominale impedantie van de enkele dipool, dus tot ca. 650 Ω. Wanneer men een dergelijke antenne dan combineert met een zelfgemaakte 600 Ω-voedingslijn, beschikt men over een uitstekende combinatie.

De afstand tussen de antenne en de parallelgeleider(s) is niet erg kritisch, doch zij heeft invloed op de lengte van de antenne en de bandbreedte. Gewoonlijk worden de geleiders door middel van spreider-isolatoren op onderlinge afstanden van ca. 15× de draaddiameter gehouden. Die spreider-isolatoren kan men zelf maken, b.v. van teflon-staf.
De gevouwen dipool kan het beste uit één stuk draad worden gemaakt. Bij de constructie begint men met de draad aan te brengen bij de centrale isolator, waarna men vervolgens via de beide eindisolatoren aan het andere oog van deze isolator terugkeert. Nadat de antenne voorlopig op de grond is uitgelegd, brengt men de spreiders aan, waarna de antenne zorgvuldig op de juiste berekende lengte wordt gebracht.
Bij de gevouwen dipool kan het gemakkelijkst TV-voedingslijn van 300 Ω impedantie worden toegepast. In verband met de onderlinge beïnvloeding van antenne en voedingslijn verdient het ook hier aanbeveling om deze „feeder", over een lengte gelijk aan de halve lengte van de dipool, vertikaal t.o.v. haar spanrichting te houden.
Voor de afspanning van de 300 Ω-feeder wordt verwezen naar de bij televisie gegroeide toepassing van afstandsisolatoren, waarmee de lijn op voldoende afstand van (metalen) obstructies kan worden gehouden om capacitieve verliezen te vermijden.
Reeds bij de meer fundamentele behandeling van de dipool werd aangetoond dat de impedantie van de antenne weliswaar in het midden overeenkomt met de stralingsweerstand, doch dat deze aan de uiteinden veel hoger wordt.
Een centraal gevoede dipool heeft dus een veel lagere impedantie dan een eindgevoede halvegolf-dipool. Een voorbeeld van zo'n antenne is de zeppelin-antenne of „zepp". Deze werd vroeger bij zeppelins toegepast als eindgevoede halvegolf-dipool, waarbij de voeding plaatsvond via een voedingslijn van een kwart golflengte (die i.v.m. de verkortingsfactor van de lijn dus iets korter was dan 180°). Tegenwoordig worden vrijwel alle eindgevoede antennes, die met een tweedraadslijn worden aangesloten, *zepp-antennes* genoemd. Dit antennetype is in fig. 38 geschetst.

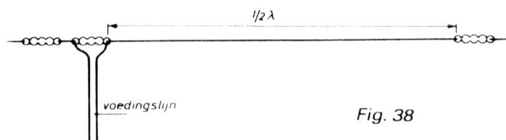


Fig. 38

De lengte van de voedingslijn blijft bij deze antenne belangrijk, met name wanneer de zepp over een breed frekwentiespectrum moet worden gebruikt. Men moet dan trachten te voorkomen dat de lengte voor elk van de omroep- of amateurbanden in dit spectrum gelijk wordt aan een veelvoud van een kwart golflengte, omdat in die gevallen een ernstige misaanpassing gaat optreden. Vaak zal een feederlengte die ongeveer gelijk is aan 70% of van 17% van de antennelengte,

nog het meest universeel blijken. Als voedingslijn kan 300 of 600 Ω symmetrische kabel worden toegepast.
De zepp wordt niet zo veel gezien, maar is handig te installeren omdat men de voedingslijn gemakkelijk naar het eind van de antenne kan voeren.

Wie hoge eisen stelt aan z'n antennesysteem, zal aan deze „middenklassers" niet genoeg hebben. De konsekwentie is een wat ingewikkelder antenne, die echter het voordeel heeft van een hogere winst, wat wordt veroorzaakt door een sterker richtingseffect.
Dergelijke antennes worden in TV-ontvangstsystemen toegepast. De beste resultaten worden vaak op de meest eenvoudige wijze bereikt door het aanbrengen van zgn. parasitaire stralers in de nabijheid van de antenne, die door een juiste lengte en door een juiste afstand tot de antenne dan het ingevangen signaal kunnen versterken. Deze antennesystemen worden Yagi-antennes genoemd.
Het eenvoudigst is het aanbrengen van een zgn. reflector. Dit is een ononderbroken draad, die parallel aan de dipool op een afstand van 0,22 λ is gespannen (fig. 39). De draad is 5% langer dan de dipool, dus juist gelijk aan de helft van de golflengte waarop de antenne is afgestemd. Zoals het richtingsdiagram aangeeft, stijgt de signaalvoorkeur uit één richting, terwijl die uit de tegenovergestelde richting juist wordt verkleind. Op deze wijze wordt een unidirectionele antenne verkregen die een signaalwinst heeft van ca. 3 dB boven die van de normale dipool, dus ca. 5 dB t.o.v. een isotrope bron.

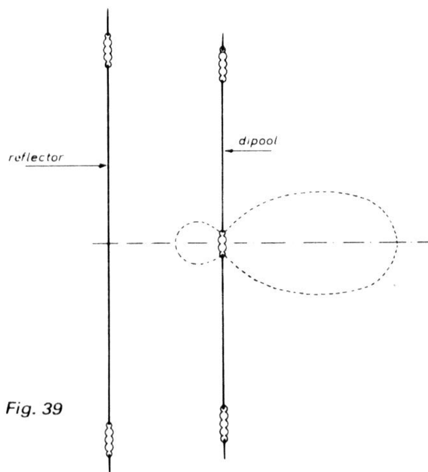


Fig. 39

De afstand tussen de „reflector" en de dipool, die als 0,22 λ werd opgegeven, kan in feite variëren tussen 0,15 λ en 0,25 λ zonder veel verandering in de winst op te leveren. Wat dan echter wél sterk wijzigt, is de stralingsweerstand van de antenne. Hoe verder dipool en reflector uit elkaar staan, des te dichter komt deze in de

buurt van de originele 292 Ω. Bij de opgegeven afstand is de stralingsweerstand gedaald tot ca. 210 Ω, zoals uit tabel 9 blijkt.

Tabel 9

Afstand dipool-reflector (λ)	Vermenigvuldigingsfactor met originele impedantie
0,1	0,2
0,15	0,4
0,2	0,6
0,22	0,7
0,25	0,8
0,3	1

Bij een dipool-reflectorafstand van 0,22 λ tot 0,25 λ kan nog gebruik worden gemaakt van de originele 240 Ω- of 300 Ω-voedingslijn. Maakt men de afstand groter dan 0,25 λ, dan begint de versterking van de antenne te verminderen.
De versterking van de antenne kan voorts nog worden vergroot door op 0,1 λ afstand van de dipool aan de ándere zijde als waar zich de reflector bevindt, een draad te spannen die 5% *korter* is dan de dipool. Deze draad is de director, het tweede parasitaire element in de nabijheid van de dipool dat de richtingskarakteristiek beïnvloedt. De winst in de voorwaartse richting wordt ca. 2 dB groter dan die van de dipool met alleen een reflector. De afstand tussen de dipool en de director – die er eveneens in het horizontale vlak mee evenwijdig is gespannen – bedraagt voor maximale winst 0,17 à 0,18 λ, rekening houdend met een afstand dipool-reflector van 0,22 λ. De stralingsbundel van de antenne vernauwt zich verder in horizontale richting en de impedantie van het voedingspunt wordt aanzienlijk verlaagd: tot ca. 30 à 40 Ω. Het is derhalve nodig om impedantietransformatie toe te passen om de antenne althans op een voedingslijn van redelijke impedantie te kunnen aansluiten.
Het is mogelijk om, wanneer men zich beperkt tot frekwenties van 15 MHz en hoger, de dipool met reflector en eventueel met director mechanisch draaibaar te maken. Hiertoe is een constructie vereist waarbij de antennedraden zijn vervangen door (aluminium) staven van ca. $1^1/_2$ cm diameter. De constructie kan min of meer worden gekopieerd van bestaande modellen die b.v. voor FM of voor televisie in band 1 worden gebruikt. Voorts kan men aanwijzingen voor de constructie vinden in boeken die in de wereld van de radio-amateurs bekend zijn. Zeer bekend is het Amerikaanse A.R.R.L. Antenna Book, dat in dit opzicht als een belangrijk document voor de kortegolfluisteraar kan worden genoemd.

Impedantie-transformatie

In een antennesysteem wordt de voedingslijn meestal aangepast op de antenne-ingangsimpedantie van de ontvanger. Eventuele impedantietransformatie zal

dus steeds plaatsvinden tussen de voedingslijn en de antenne. Hiervoor zijn een aantal mogelijkheden, die echter niet alle even geschikt zijn om zonder meetapparatuur toe te passen. Ook moet worden vermeld dat de impedantie-transformator enig signaalverlies geeft; een reden dus om het gebruik ervan te vermijden als er een andere, meer elegante oplossing voor de impedantie-aanpassing bestaat.

Men kan nog onderscheid maken tussen aanpassingseenheden die slechts de impedantie transformeren en die welke niet alleen een vaste transformatieverhouding (meestal 4 : 1) hebben, maar ook nog van een asymmetrische voedingslijn naar een symmetrische antenne transformeren. De exemplaren uit deze laatste groep heten *baluns.* Het internationale woord balun is afgeleid van ,,balanced -unbalanced transformer''.

De eenvoudigste impedantie-transformator is de zgn. kwartgolflengte-transformator. Deze bestaat uit een stuk voedingslijn ter lengte van $^1/_4\ \lambda$ (de werkelijke lengte is, in verband met de verkortingsfactor, iets minder) waarvan de impedantie middelevenredig is tussen de impedantie van de voedingslijn en die van de antenne. Zo zal bij een antenne-impedantie van 30 Ω en een voedingslijn-impedantie van 300 Ω, de impedantie van de $^1/_4$-golflengte-transformator kunnen worden berekend met de formule:

$$Z_t = \sqrt{30 \times 300} = \sqrt{9000} \approx 95\ \Omega.$$

De 95 Ω-voedingslijn kan worden samengesteld volgens de gegevens van tabel 10. De juiste lengte wordt tussen de antenne en de 300 Ω-lijn aangesloten.

Een andere bekende aanpassingsmethode is de toepassing van zgn. stubs, dat zijn stukken voedingslijn van een bekende lengte, parallel op de voedingslijn in de onmiddellijke nabijheid van de antenne. Het grote voordeel van stubs is dat men daarvoor restanten voedingslijn kan gebruiken, met name wanneer men daarvan de verkortingsfactor kent.

Het doel van de stub is het voorkomen van staande golven door het opheffen van de reactantie van de antenne door een even grote doch tegengestelde reactantie. Men past gewoonlijk twee soorten stubs toe; de stubs die aan het uiteinde kortgesloten zijn in die gevallen wanneer de antenne-impedantie *groter* is dan die van de voedingslijn en stubs met een open uiteinde indien de antenne-impedantie *kleiner* is dan de karakteristieke impedantie van de voedingslijn. Dit laatste zal het meeste voorkomen. Uit de volgende tabellen kan men zien welke de afstand van de stub tot de antenne is, en wat de lengte van de stub is, bij verschillende misaanpassingen. Er zij op gewezen dat de verkortingsfactor nog niet in rekening is gebracht.

Tabel 10

	Impedantie voedingslijn / Impedantie antenne	Afstand *d* (λ)	Lengte stub (λ)
OPEN STUB (fig. 40a)	10	0,05	0,195
	6	0,06	0,18
	4	0,075	0,155
	3	0,085	0,14
	2	0,095	0,095
GESLOTEN STUB (fig. 40b)	0,5	0,15	0,15
	0,33	0,17	0,11
	0,25	0,18	0,095
	0,165	0,19	0,07
	0,1	0,20	0,05

Wanneer de antenne-impedantie 75 Ω zou zijn, terwijl de voedingslijn een impedantie van 300 Ω heeft en een verkortingsfactor van 0,85, dan zou voor de aanpassing gelden: afstand *d* tussen antenne en aanhechtingspunt van de stub is:

$$0{,}075 \times 0{,}85 \times \lambda \text{ (fig. 40).}$$

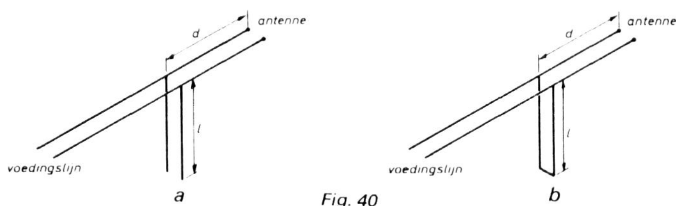


Fig. 40

De lengte *l* van de open stub zou worden: 0,155 × 0,85 × λ.: De stub kan in losse slagen worden opgerold teneinde slingeren in de wind te voorkomen.

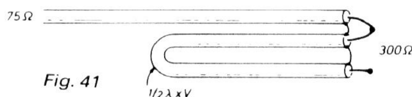


Fig. 41

Een 4 : 1-balun die vaak wordt toegepast om de overgang van 75 Ω coaxiale kabel naar 300 Ω symmetrische lijn voor een beperkt frekwentiegebied mogelijk te maken, is de „trombone" van fig. 41. De opbouw spreekt voor zichzelf. De lengte van het extra stuk coaxiale kabel is $^1/_2$ λ × de verkortingsfactor. De afschermingen van de drie kabeleinden worden onderling doorverbonden. De $^1/_2$ λ-lus kan met behulp van isolatieband tegen de coaxiale kabel worden bevestigd, zodat het geheel nauwelijks opvalt.

Een balun die over een groot frekwentiegebied kan worden gebruikt en ook beperkt is van afmetingen, is de toroïde-balun. Deze bestaat uit een bifilaire wikkeling van 10 windingen, aangebracht op een ringvormige ferrietkern, die een doorsnede kan hebben van ca. 4 cm en een dikte van ca. 1 cm. Het schema van de balun en een aanzicht zijn in fig. 42 weergegeven.

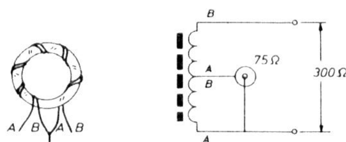


Fig. 42

De bifilaire wikkeling is gemakkelijk te realiseren door twee geïsoleerde draden met een diameter van ca. 0,8 mm te nemen, die een verschillende kleur van isolatie hebben. Deze draden worden naast elkaar gehouden tussen duim en wijsvinger, en over de omtrek van de toroïde-kern verdeeld. Zoals op de tekening is te zien, wordt het eind van wikkeling A verbonden met het begin van wikkeling B. Op dit punt wordt de afscherming van de coaxiale kabel aangesloten. De kerndraad van de kabel ligt aan het einde van wikkeling B. De toroïde-balun kan in een waterdicht plastic-doosje worden gesloten en bij de centrale isolator van een symmetrische antenne worden aangebracht. Op deze wijze kan de symmetrische kant van de balun direct aan de antenne worden aangesloten.
Niet alle ferrietmaterialen zijn even goed om als kern voor de balun te worden toegepast. Hoogfrekwent-ferrieten geven de beste resultaten. De afmetingen van de balun kunnen eventueel kleiner worden gekozen, wanneer de draaddikte dan ook wordt verkleind teneinde bij het wikkelen voldoende mechanisch contact tussen isolatie en ferrietkern te kunnen behouden.
Het is ook mogelijk om de balun in een metalen doosje onder te brengen, wanneer men althans zorgt voor voldoende bescherming en afstand tussen het metaal en de wikkeling.
De toroïde-balun wordt aanbevolen voor breedband-gebruik tussen 3 en 30 MHz, met name in die gevallen waarbij men van coaxiale kabel gebruik wenst te maken, maar toch van een hoge stralingsweerstand van de antenne wil profiteren.

Tot slot een enkel woord over kortegolf-zendantennes. Er zijn momenteel voor de lange-afstands-kortegolfuitzendingen twee types het meest in gebruik, de ruitantennes en de gordijnantennes.
Een ruitantenne is een lopende-golfantenne die er (van boven gezien) uitziet als een meetkundige figuur die de naam „ruit" heeft (fig. 43). De ruitantenne heeft een frekwentiebereik dat afhangt van haar afmetingen. Elk been van de ruit is ca. 4 à 6 golflengten lang, terwijl de scherpe hoeken, die mede de bundelbreedte bepalen, ca. 36° zijn.

De impedantie van de ruitantenne bedraagt 450 à 600 Ω, afhankelijk van het aantal draden waaruit de antenne is opgebouwd. De antenne wordt aan één hoekpunt gevoed, terwijl aan het andere hoekpunt een verliesweerstand is opgenomen die de niet uitgestraalde energie consumeert. Gewoonlijk is dit ongeveer de helft van de aangeboden energie.

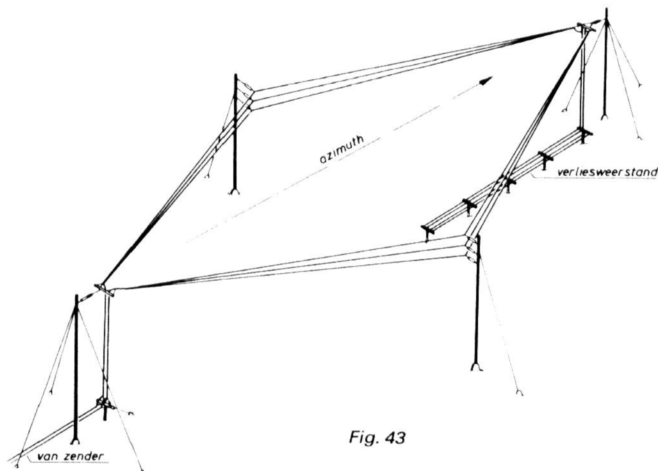


Fig. 43

De ruitantenne heeft een winst van 14 à 20 dB, waarbij de hoogste winst wordt bereikt voor de hoogste frekwentie. De bundelbreedte van de antenne is bij een gemiddelde versterking ca. 25°.
Ruitantennes worden evenwijdig aan het aardoppervlak op een hoogte van ongeveer één golflengte gespannen.
Het stralingsdiagram is niet zo ideaal, maar het frekwentiebereik van 2 : 1 maakt de antenne breed toepasbaar, terwijl ze voorts goedkoop is te maken.
De ruitantenne is met name in gebruik voor fixe-verbindingen, doch is daarnaast voor de omroep in gebruik.

De meest universeel verspreide antenne voor omroepgebruik is de gordijnantenne. Deze bestaat uit een aantal dipolen die naast en boven elkaar zijn geplaatst. Op een kwart golflengte afstand is een tweede, gelijkvormig netwerk opgehangen, dan wel een passieve reflector, die bestaat uit een aantal horizontale en vertikale draden, die onderling zijn doorverbonden en zodoende een netwerk vormen, waarvan de mazen kleiner zijn dan 1/10 λ. De gordijnantenne, voorzien van een passief reflectornetwerk is in fig. 44 getekend. Zoals uit de figuur blijkt, bestaan de dipolen uit kooien. Deze zijn vaak opgebouwd uit zes draden die door middel van spreiders op gelijke afstanden worden gehouden.
In het getekende geval hebben we te maken met zestien dipolen, die alle eindgevoed zijn door middel van twee vertikale voedingslijnen, *stijgleidingen* genoemd.

De antenne bestaat uit 4 rijen van 4 dipolen boven elkaar, die per kwadrant van 4 worden aangestoten. Daarbij staan twee naast elkaar liggende dipolen dus parallel aan eenzelfde paar, dat er direct onder (of boven) is opgesteld. Per stijgleiding worden dus 8 dipolen in twee groepen van 4 gevoed.
Wanneer men de energie in de ene leiding iets later laat arriveren, b.v. door deze via een omweg aan te voeren, dan ontstaat een faseverschil tussen de uitgezonden signalen, waardoor de hoofdbundel niet meer loodrecht op het antennenet staat, maar wat van dit azimuth afwijkt. Op deze wijze kan de hoofdbundel van de antenne tot ca. 20° aan weerszijden van de nominale richting worden gewijzigd.

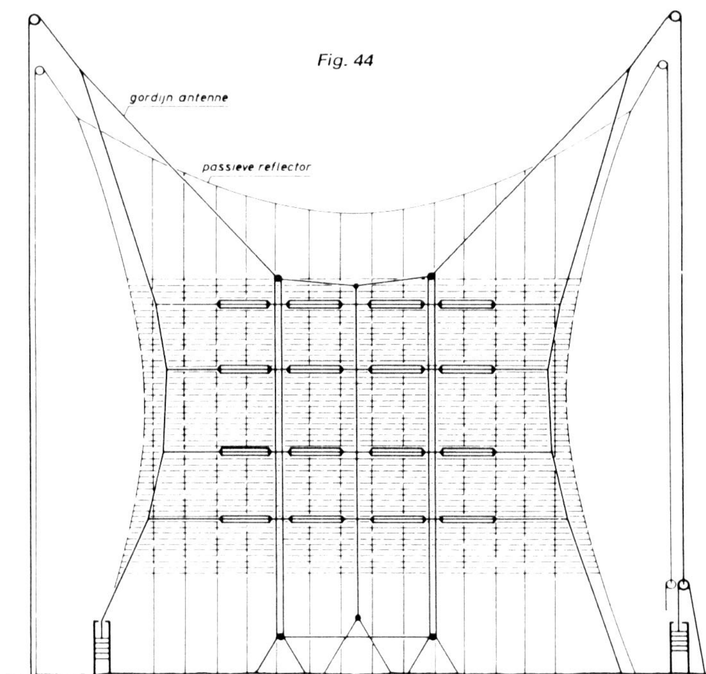


Fig. 44

Men noemt dit proces „slewen" (er bestaat geen goed Nederlands woord voor, zoals men in een beperkt vakgebied wel meer ondervindt). Dit type 4/4-gordijnantenne, waarbij de onderste dipoolrij bij een zo laag mogelijke opstraling op vrijwel één golflengte boven het maaiveld is gehangen, heeft een winst die ca. 18 dB boven een halvegolf-dipool in de vrije ruimte bedraagt. De hoofdbundel is ca. 28° breed. Deze kan breder worden gemaakt door het aantal naast elkaar opgestelde dipolen te verkleinen, b.v. tot 2. In dat geval wordt de horizontale bundelbreedte ongeveer tweemaal zo groot. De versterking van de antenne neemt dan natuurlijk af met ca. 3 dB.

De toepassing van logaritmisch-periodische antennes voor omroep-zenddoeleinden is nog beperkt. Daarvoor zijn twee redenen: de bundelbreedte van dit antennetype is zeer groot (ca. 60°) en de winst derhalve beperkt (ca. 12 dB), terwijl voorts bij hogere frekwenties een ingewikkeld stralingspatroon in vertikale richting ontstaat, wat de fading in de ontvangstgebieden sterk doet toenemen.
Anderzijds heeft de log-per antenne enorme voordelen, waaronder de grote breedbandigheid (het hele KG-omroepbereik) en de mogelijkheid van een mechanisch beweegbare constructie, waardoor men in alle richtingen kan zenden.

6. DE RADIO-ONTVANGER

Een inzicht omtrent de werking van de ontvanger kan het beste worden opgebouwd aan de hand van een zgn. blokschema, dit is een figuur waarin de functies van de verschillende elektronische schakelingen worden voorgesteld door blokjes. Het blokschema van een standaard-huiskamerontvanger is afgebeeld in fig. 45.
In dit blokschema treft u, in afwijking van de standaard, ook enkele schemasymbolen aan. In het antennecircuit, dat gewoonlijk niet is voorzien van een ,,actief'' onderdeel als een radiobuis of een transistor en dat derhalve niet als een apart blokje wordt opgevoerd, is het symbool voor een spoel en dat voor een variabele condensator gegeven. Bovendien zijn de antenne en de aarde (chassis) in het schema aangegeven.

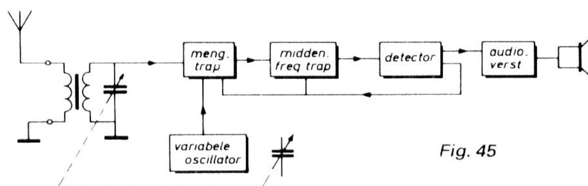


Fig. 45

De parallelschakeling van een spoel en een condensator speelt in de radiotechniek een zeer belangrijke rol en staat bekend onder de naam ,,resonantiekring''. In haar eenvoudigste vorm ziet de schakeling er uit als in fig. 46a is aangegeven. Sluit men op een dergelijke kring een wisselspanning aan, dan zal de schakeling hiervoor een bepaalde wisselstroomweerstand of ,,impedantie'' hebben. Deze is afhankelijk van de waarde van de spoel en die van de condensator. Varieert men nu de frekwentie van de wisselspanning dan doet zich het verschijnsel voor dat de impedantie van de schakeling bij één bepaalde frekwentie sterk gaat oplopen. Die frekwentie waarvoor de hoogste wisselstroomweerstand wordt gemeten, noemt men de resonantiefrekwentie van de kring. De verandering van de impedantie met de frekwentie in de buurt van de resonantiefrekwentie f_r is afgebeeld in fig. 46b.
Zoals gezegd worden resonantiekringen in de radiotechniek veel toegepast. Men kan zich voorstellen dat zo'n kring wordt aangesloten tussen de antenne- en de

aarde-aansluitingen van de radio. Via de antenne worden elektrische spanninkjes van zeer hoge frekwentie aan de resonantiekring toegevoerd. Voor vrijwel alle spanninkjes zal de lage weerstand van de kring buiten haar resonantiefrekwentie een kortsluiting naar aarde betekenen. Slechts de spanningen waarvan de frekwenties in de buurt liggen van de resonantiefrekwentie van de kring, worden niet kortgesloten en zijn dus in staat om de volgende schakeling in de ontvanger te bereiken.

Varieert men de resonantiefrekwentie van de kring door b.v. de toepassing van een variabele condensator, zoals in fig. 45 is aangegeven, dan kan men dus de resonantiefrekwentie van de kring veranderen. Men is dan in staat om uit een aantal aangeboden signalen een keuze te maken. Dit proces heet „afstemmen" en het veranderen van de condensatorwaarde gebeurt gewoonlijk met de afstemknop.

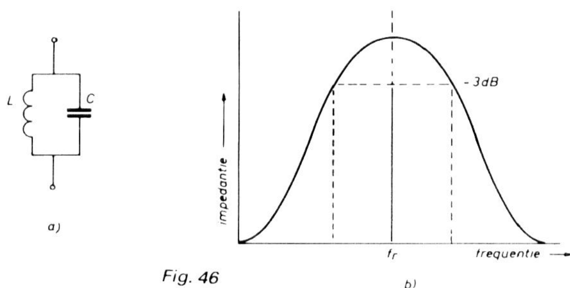


Fig. 46

De kwaliteit van de resonantiekring is afhankelijk van de kwaliteit van de toegepaste onderdelen. Voor de spoel wordt de kwaliteitsfactor Q vertegenwoordigd door het quotiënt van de wisselstroomweerstand en de gelijkstroomweerstand: $Q = \frac{X}{R}$. Voor kortegolfspoelen gelden waarden van Q in de buurt van 100.

Bij resonantie geldt dat de spanning over de spoel of de condensator aanzienlijk groter is dan de aangeboden spanning. In een parallelkring wordt de stroom in dat geval bepaald door de gelijkstroomweerstand, doch de spanning over de spoel (of de condensator) door de wisselstroomweerstand van de spoel, die veel groter is dan R. Er treedt bij resonantie dus een opslingering van de spanning op die voornamelijk wordt bepaald door de Q van de spoel.

Vaak zullen de kwaliteitsfactor Q van de spoel en de opslingering elkaar niet veel ontlopen. Daarom wordt de opslingeringsfactor van een resonantiekring dus geïndiceerd als de Q van de kring.

De opslingering van de kring zal in de praktijk sterk afhangen van de belastingsweerstand die in de meeste gevallen parallel met de kring in een schakeling is aangesloten. Zo zal in een radiotoestel de afgestemde kring zijn gekoppeld aan één of enkele transistoren, die uit de kring energie afnemen en voor die kring dus een bepaalde „belasting" vertegenwoordigen. De Q van een belast circuit is dus altijd lager dan die van een onbelaste kring.

De resonantiecurve, zoals die in fig. 46b is voorgesteld, zegt ons iets over de doorgelaten „frekwentieband": dát deel van de aangeboden signalen dat zonder al te veel verzwakking de volgende kring bereikt.
Naarmate de *Q* van de kring beter is, zal deze beter in staat zijn om de resonantiefrekwentie meer te bevoordelen ten koste van de overige frekwenties. Men zegt dan dat de selectiviteit van de kring toeneemt.
De selectiviteit wordt gewoonlijk aangegeven in termen van de verzwakking die buiten de resonantie van de kring optreedt. Zo vindt men b.v. S 9 : 80×. Dit indiceert dat de verzwakking 80× is wanneer men 4½ kHz buiten de resonantiefrekwentie van de kring komt.
Ook de doorgelaten frekwentieband moet nader worden gedefinieerd. De resonantiecurve geeft aan dat slechts voor een nauw frekwentiegebied de hoogste impedantie wordt gehaald; al vrij snel valt, aan weerszijden van de resonantiefrekwentie, de impedantie af naar lagere waarden.
Als de bandbreedte van een resonantiekring of een stelsel van kringen, geldt nu het deel van de resonantiecurve dat zich boven de 71% (3 dB) van de maximale waarde bevindt. Dit is in fig. 46b schetsmatig aangegeven.
Bij radio-ontvangst in de kortegolfband zal bij afstemming de resonantiefrekwentie van de kringen zoveel mogelijk gelijk worden gemaakt aan de draaggolffrekwentie van de gewenste zender. Wanneer de bandbreedte van de kring dan b.v. 9 kHz is, betekent dit dat signalen tot op 4½ kHz aan weerszijden van de resonantiefrekwentie worden doorgegeven. In deze 9 kHz-doorlaatband bevinden zich de beide zijbanden van de zender; de hoogfrekwent gemoduleerde signalen die de spraak of muziek bevatten die in het radiotoestel weer in hoorbare klanken moeten worden omgezet.
In de praktijk zal de enkelvoudige resonantiekring niet veel meer worden toegepast; voldoende selectiviteit kan pas worden verwacht wanneer enkele kringen, die op dezelfde frekwentie zijn afgestemd, onderling worden gekoppeld. Deze koppeling geschiedt vaak magnetisch, b.v. door de beide spoelen op eenzelfde ferrietkern te wikkelen. Op die manier kan dan, via magnetisatie, energieoverdracht van de ene spoel naar de andere plaatsvinden. De selectiviteit kan dan nog worden gevarieerd door de mate van koppeling tussen de beide spoelen te beïnvloeden. In fig. 45, waar het blokschema van een eenvoudige ontvanger is getekend, is de koppeling tussen de antennespoel en de ingangskring van de ontvanger al aangegeven door een vertikale streep.

De werking van vrijwel elke moderne ontvanger berust op het zgn. superheterodyne-principe. Het voordeel hiervan is dat men, in de ontvanger, alle ontvangbare frekwenties omzet in één vaste, zgn. middenfrekwentie. De vereiste selectiviteit kan dan door *vast* afgestemde kringen, de middenfrekwent-bandfilters (ook wel middenfrekwent-transformatoren genoemd) op veel eenvoudiger wijze worden bereikt dan met dure variabele condensatoren, waarvan dan ook de gelijkloop bij afstemming een probleem is. Schematisch is het middenfrekwent-bandfilter in

fig. 47a voorgesteld; fig. 47b geeft de praktische verschijning als een vierkant of rond aluminium busje met bovenin een gat, dat nodig is om – in de fabriek – de kringen op de juiste resonantiefrekwentie af te regelen door verandering van de stand van de ferrietkern t.o.v. de spoel of spoelen. Dit is mogelijk omdat de ferrietkernen de vorm hebben van bouten, die d.m.v. een schroefdraad naar binnen of naar buiten kunnen worden gedraaid.

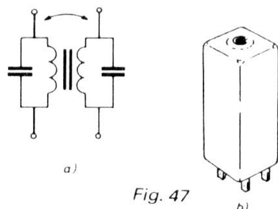
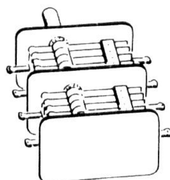


Fig. 47

Teneinde te komen tot een frekwentie-omzetting van de aangeboden zenderfrekwentie naar een vaste middenfrekwentie, wordt in de ontvanger een oscillatorschakeling toegepast. Dit is een schakeling die een zeer zwakke elektrische trilling van hoge frekwentie opwekt; een miniatuur-draaggolf die nodig is om de gewenste omzetting van de variabele afstemfrekwentie naar de vaste middenfrekwentie te bereiken. Deze oscillator kan men nu een frekwentie laten opwekken die in de buurt van de afstemfrekwentie komt. Veelal wordt het verschil tussen de oscillatorfrekwentie en de afstemfrekwentie op 450 kHz gehouden. Dit kan worden bereikt door de afstemcondensatoren van de antennekring en die van de oscillatorkring op één as te monteren. Men bereikt dan dat de capaciteitsveranderingen voor beide schakelingen even groot zijn, zodat men bij het kiezen van overeenkomstige spoelen, dan ook een zekere gelijkloop van de opgewekte oscillatorfrekwentie en het afgestemde, via de antenne inkomende, signaal bereikt. De duo-condensator is afgebeeld in fig. 48. Op deze wijze blijft het *frekwentieverschil* tussen de oscillatorfrekwentie en de afstemfrekwentie gelijk en wel op de oorspronkelijk aangenomen middenfrekwentie van 450 kHz.


Fig. 48

Brengt men de beide frekwenties vervolgens bij elkaar in de mengtrap dan zal, bij een juiste dimensionering van de schakeling, menging van de signalen kunnen optreden. Er ontstaan vele signalen: produkten van de oorspronkelijke, somsig-

nalen en ook verschilsignalen. Het gaat ons om deze laatste, aangezien het verschil tussen de beide aan de mengtrap toegevoerde signalen juist 450 kHz bedraagt en dit de frekwentie is waarop deze middenfrekwentkringen zijn afgeregeld.

De middenfrekwentversterker krijgt dus het afgestemde signaal, inclusief de zijbanden, omgezet naar 450 kHz, aangeboden.

De exacte middenfrekwentie kan voor de verschillende merken ontvangers nog iets van deze waarde afwijken. Dit hangt af van de ontwerper van het schema, die weer rekening moet houden met omstandigheden als b.v. het aanwezig zijn van telegrafiezenders die op frekwenties nabij de middenfrekwentie werken. Bekend is dat sommige merken ontvangers in de buurt van 's Gravenhage te lijden hebben van instraling op de middenfrekwent-versterkers, wanneer deze op 455 kHz zijn afgestemd. Dit wordt veroorzaakt door een zender van het kuststation die op een frekwentie van 461 kHz werkt.

In de middenfrekwent-versterker, die gewoonlijk ten minste twee middenfrekwent-transformatoren omvat, wordt het voorkeursignaal versterkt. Ook bepalen de middenfrekwentkringen de selectiviteit van de ontvanger: hoe meer MF-transformatoren worden toegepast, des te beter zal de selectiviteit gewoonlijk zijn.

In de detector of demodulator wordt het aangeboden middenfrekwentsignaal gedemoduleerd. Men kan dit gemoduleerde hoogfrekwentsignaal grafisch voorstellen door een sinusvormig hoogfrekwente draaggolf, die in amplitude (uitwijking) varieert in het ritme van de spraak of de muziek. Daarbij verandert de momentele waarde van de uitwijking voortdurend. Fig. 49a stelt een *on*gemoduleerde draaggolf voor. Dit is een signaal dat b.v. ook door de oscillator van de ontvanger wordt gemaakt. In fig. 49b wordt een voorbeeld gegeven van een amplitude-gemoduleerde draaggolf; de amplitude volgt het door de microfoon opgewekte audiosignaal.

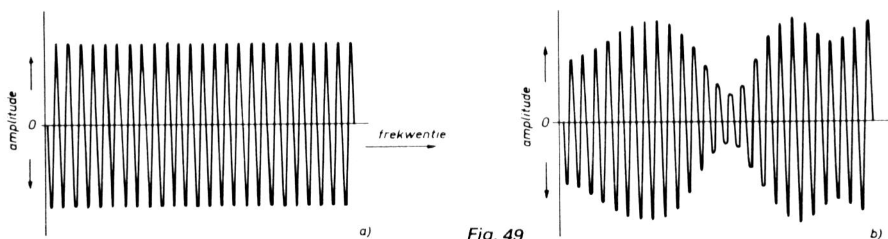


Fig. 49

Het terugwinnen van dit audiosignaal uit de amplitude-gemoduleerde draaggolf is nu de taak van de demodulator. In veel ontvangers wordt hiervoor een zeer eenvoudige schakeling toegepast, die in fig. 50a is weergegeven. De hier toegepaste diode laat slechts de helft van het aangeboden signaal door, b.v. alles wat positief is. Om nu het geluidssignaal te verkrijgen, wordt deze diode in de schakeling gevolgd door een combinatie van een condensator met parallel daaraan een weer-

stand. Door de juiste keuze van de waarden van deze onderdelen kan nu worden bereikt dat de positieve spanningspieken de condensator telkens opladen. Tijdens de afwezigheid van een spanningspiek zal de condensator zich via de weerstand trachten te ontladen. De combinatie wordt zodanig gekozen dat het circuit in staat is de audiofrekwente variaties van het signaal te volgen, waardoor aan de uitgang van de detectorschakeling het hoorbare signaal beschikbaar komt. In fig. 50b wordt dit proces nog verduidelijkt. Het staat in de radiotechniek bekend als diode-detectie of als omhullende-detectie: het gedetecteerde signaal volgt de omhullende van de gemoduleerde draaggolf en dit was juist het audiofrekwente signaal.

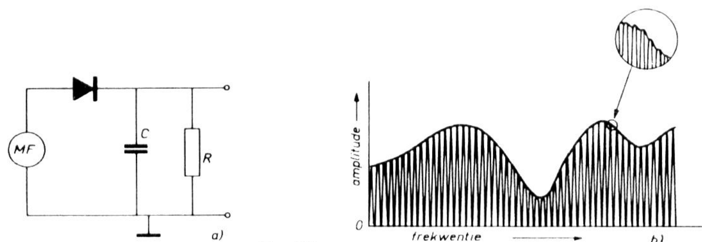


Fig. 50

In het blokschema van de ontvanger ziet men uit het blokje „demodulator" een lijn teruglopen naar de mengtrap. Deze lijn voert de variërende gelijkspanning die de versterking van de mengtrap, en vaak óók van enkele middenfrekwent-trappen, automatisch regelt. De variërende gelijkspanning, die AVR-spanning wordt genoemd, wordt op soortgelijke wijze als voor de detectie omschreven, uit het aangeboden signaal gevormd. Het doel van deze AVR (automatische versterkingsregeling) is om bij het afstemmen de grote verschillen in aangeboden signaalsterkte aan de antenne wat te nivelleren, zodat men niet steeds de volumeregeling moet bijstellen. De AVR vervult in de kortegolf-ontvangst ook de belangrijke rol van fadingcompensatieschakeling: binnen bepaalde grenzen wordt fading (sluiering) van het aangeboden signaal, ontstaan door de lange weg tussen zender en ontvanger, gecompenseerd.
Ten slotte wordt het audiosignaal dan toegevoerd aan de laagfrekwent-versterker, die het zwakke signaal versterkt en vervolgens aan de luidspreker of de hoofdtelefoon toevoert. Tussen deze versterker en de voorgaande detectorschakeling bevindt zich dan nog de volumeregelaar, waarmee de gewenste geluidssterkte kan worden afgesteld. Bij vele radiotoestellen bestaat tevens de mogelijkheid om in het audiogedeelte van de ontvanger de klankkleur van het gereproduceerde signaal te regelen, b.v. door verzwakkers in te bouwen voor de hoge en/of de lage tonen.
Wanneer de ontvanger is uitgerust met een aansluiting voor platenspeler, dan zal deze aansluiting zich in het schema eveneens tussen het demodulatorblok en het audioversterkerblok in bevinden. Bij plaatweergave doet dus uitsluitend de versterker van de radio dienst.

De standaard-ontvanger zoals die zojuist is beschreven, voldoet voor middengolf, doch dat wil nog niet zeggen dat zij ook voor kortegolf optimaal zou zijn of zelfs maar het predikaat „geschikt" zou verdienen. Het blijkt bij nadere beschouwing dat de standaard-ontvanger voor kortegolf-ontvangst eigenlijk als „minder geschikt" moet worden geclassificeerd. Dit blijkt al spoedig, wanneer men het afstembereik per band beschouwt. Dit afstembereik wordt bepaald door de verhouding tussen de maximale en de minimale capaciteit van de afstemcondensator. Wie een type kiest van 470 pF maximale capaciteit, terwijl een minimale capaciteit van condensator plus bedrading van ca. 40 pF resteert, kan met de resonantiekring een frekwentiebereik dekken van

$$\sqrt{\frac{470}{40}} \approx 3{,}4 \times$$

Voor de middengolf, die zich uitstrekt van 525 tot 1605 kHz (580 – 186 m) is dit juist voldoende.

Wanneer men dezelfde afstemcondensator echter combineert met een kortegolfspoel, dan krijgt men b.v. een bereik van 5,9 tot 20 MHz. Dit omvat dan de 49 m-, de 41 m-, de 31 m-, de 25 m-, de 19 m- én de 16 m-kortegolf-omroepbanden. In deze banden bevinden zich vele honderden stations, die dan worden samengeperst op enkele korte stripjes van de schaal op een zó ongelukkige wijze dat het afstemmen van kortegolfstations met een middengolfontvanger niet langer gemakkelijk is. Wil men een radiotoestel dus geschikt maken voor een redelijke kortegolf-ontvangst, dan zal het kortegolfbereik moeten worden opgesplitst in een aantal bereiken, b.v. door bij omschakeling van de afstemcondensator met een ander stel spoelen, eveneens een kleine vaste condensator in serie met elk der variabele condensatoren in de schakeling op te nemen. De maximale capaciteit van de variabele condensatoren vermindert hierdoor, zodat het afstembereik dan ook verkleint.

Deze oplossing voor het gemakkelijker afstembaar maken van kortegolfstations noemt men bandspreiding; in de betere (draagbare) radiotoestellen wordt bandspreiding op uitgebreide schaal toegepast. Het toepassen van bandspreiding heeft vaak als konsekwentie dat men het ontvangbereik in het kortegolfgebied dan ook kan uitbreiden naar de 13 m-band (ca. 21,5 MHz), die zeer belangrijk is voor lange-afstandsverkeer.

Een ander belangrijk nadeel van de confectie-ontvanger is haar relatief zwakke stabiliteit. Deze wordt voornamelijk veroorzaakt door de oscillatorkring, waarvan de frekwentie enigszins varieert wanneer de waarde van de daarin toegepaste onderdelen zich licht wijzigt, b.v. door temperatuurs- of vochtigheidswijzigingen. Op de middengolf valt het verlopen van de oscillatorfrekwentie niet op, doch op de korte golf, waar de afstemming veel kritischer is, omdat procentueel kleine frekwentie-wijzigingen in absolute zin wel degelijk enkele kilohertzen kunnen bedragen, uit de oscillator-instabiliteit zich als het schijnbaar „weglopen" van de zender waarop men is afgestemd. Dit is vooral goed merkbaar bij buizenontvangers tijdens de eerste 20 minuten nadat ze zijn ingeschakeld.

De stabiliteit van een ontvanger is zeer belangrijk, wanneer we deze willen gebruiken voor de ontvangst van enkelzijbandsignalen. In dat geval is een zodanige frekwentiestabiliteit vereist dat het verloop minder dan 100 Hz per uur bedraagt. De selectiviteit is bij de meeste oudere ontvangers onvoldoende. De bandbreedte van „vooroorlogse" ontvangers bedraagt soms wel 16 kHz, terwijl ze voor apparaten die tussen 1950 en 1965 zijn gefabriceerd, ca. 9 kHz bedraagt. Momenteel wordt, mede onder dwang van de toenemende storing op de middengolf, een smallere bandbreedte toegepast; gemiddeld 6 à 7 kHz. Het doorgelaten deel van het audiospectrum bedraagt in dat geval slechts 3000 à 3500 Hz, hetgeen een kwalitatief nadeel voor middengolfontvangst genoemd moet worden wanneer men haar vergelijkt met de ca. 12 000 Hz die bij FM-ontvangst nog gemakkelijk hoorbaar gemaakt kan worden.

In de kortegolfbanden is een verdeling gegroeid waarbij de zenderfrekwenties steeds 5 kHz zijn gesepareerd. Men streeft er bij de internationale coördinatie naar om, in eenzelfde ontvangstgebied, de frekwentiescheiding tussen de zenders 10 kHz te houden, waarbij de sterkteverhouding met zenders die slechts 5 kHz in frekwentie verschillen, volgens internationale norm dan minstens 32 dB (40×) zou moeten zijn. In de praktijk wordt deze norm zelden gehaald en is het vaak slechts met de grootste moeite dat de ontvanger de gewenste zender van de ongewenste storing kan scheiden. Een goede selectiviteit is daarom voor kortegolf-ontvangst belangrijk.
De gevoeligheid van de meeste ontvangers is voor de ontvangst van internationale kortegolfuitzendingen ruim voldoende. Voor de normale ontvanger geldt zo gemiddeld dat bij een spanning van 40 μV aan de antenneklem een redelijk verstaanbaar geluidssignaal (met een signaal/ruisverhouding van 10 : 1) beschikbaar komt. Bij een gevoelige ontvanger is een signaal van ca. 5 μV aan de ingang al voldoende. De belangrijke radiostations streven er naar om in de ontvangstgebieden een zodanige veldsterkte van hun signaal te hebben dat de ingangsspanning aan de ontvanger, bij gebruik van een korte buitenantenne, tussen de 100 μV en 1 mV bedraagt.
Een relatief lage gevoeligheid is onder de huidige omstandigheden, nu het aantal sterke kortegolfzenders op de wereld in een hoog tempo toeneemt, al snel voldoende.

Veel radiotoestellen vertonen, met name voor frekwenties boven de 12 MHz (dat zijn golflengten kleiner dan 25 m!), een hinderlijk verschijnsel, dat bekend staat onder de naam „spiegelfrekwenties". Spiegelfrekwenties uiten zich gewoonlijk doordat men buiten de kortegolf-omroepbanden plotseling een station tegenkomt dat daar kennelijk niet thuis hoort. Of omdat de ontvangst van omroepuitzendingen boven 12 MHz kennelijk wordt gestoord door telegrafiezenders, die in de omroepbanden al evenmin thuis horen.
Zowel de omroepzender buiten de band, als de telegrafiezender binnen de om-

roepband, zijn spiegelfrekwenties van stations, die werken op frekwenties die ca. 900 kHz – dat is tweemaal de middenfrekwentie – van de gehoorde schijnbare frekwentie zijn verwijderd.
Het verschijnsel kan worden verklaard als men bedenkt dat de selectiviteit van de antennekring voor hogere frekwenties onvoldoende wordt om signalen die op 900 kHz van het afgestemde signaal liggen, nog efficiënt te onderdrukken.
In dat geval zal de mengtrap in staat zijn om een gemoduleerd 450 kHz-signaal te vormen uit drie gelijktijdig toegevoerde signalen: de afstemfrekwentie, de oscillatorfrekwentie en een frekwentie die evenveel *hoger* is dan de oscillatorfrekwentie als de afstemfrekwentie *láger* is (fig. 51). Deze laatste frekwentie, die dus 2× de middenfrekwentie van de gewenste zender gescheiden is zal, omdat zij 450 kHz hoger in frekwentie is dan de oscillator, eveneens een 450 kHz-middenfrekwentsignaal kunnen vormen. De spiegelfrekwentie is op hetzelfde kanaal hoorbaar als de afstemfrekwentie; stemt men nu af op een frekwentie die ca. 900 kHz lager is, dan bestaat er een goede kans dat men de „spiegel" van de omroepzender kan ontvangen. Het verschijnsel doet zich met name voor bij eenvoudige ontvangers, waarbij de selectiviteit van de antennekring bij hogere frekwenties onvoldoende wordt.

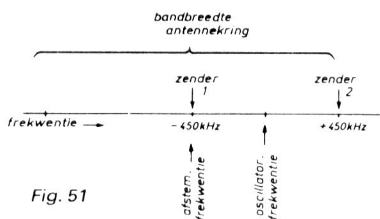


Fig. 51

Welke maatregelen kunnen nu, in ontvangers van een betere kwaliteit, worden genomen om de kortegolf-ontvangst te vergemakkelijken of te verbeteren?
Er zijn twee mogelijke maatregelen om de vorming van spiegelfrekwenties tegen te gaan. Eén ervan is de introductie van een hoogfrekwent-voorversterker, een circuit dat zich tussen de antenne-ingang en de mengtrap gaat bevinden. De versterking van deze trap mag niet te groot zijn omdat daarmee de kans op kruismodulatie toeneemt. De hoogfrekwent-voorversterker, soms ook preselector genoemd, is een ruisarme selectieve versterker die ervoor zorgt dat enerzijds de gevoeligheid van de ontvanger toeneemt en anderzijds de kans op spiegelfrekwenties, door toepassing van extra afgestemde kringen, drastisch vermindert. Het aanbrengen van een HF-voorversterker werkt vrij sterk kostenverhogend, omdat hiermee een derde variabele condensator noodzakelijk wordt. Inwendig kan men het aanwezig zijn van HF-preselectie dan ook herkennen aan een drievoudige afstemcondensator.
Een tweede en veelvuldig toegepaste methode om spiegelfrekwenties behoorlijk

te onderdrukken, is de toepassing van dubbele conversie. Dit betekent dat men twee verschillende middenfrekwenties in één ontvanger toepast: een hoge middenfrekwentie van b.v. 1,5 MHz en een lage middenfrekwentie van b.v. 100 kHz. Heeft door middel van een variabele oscillator eenmaal de omzetting naar de eerste middenfrekwentie van 1,5 MHz plaatsgehad, dan kan verdere omzetting naar een lagere middenfrekwentie met behulp van een (stabiele) kristaloscillator plaatsvinden. Deze kristaloscillator kan men dan b.v. op de vaste frekwentie 1,4 MHz of 1,6 MHz laten oscilleren. Dubbele conversie heeft enkele aantrekkelijke vóórdelen boven de toepassing van alleen preselectie: men is niet alleen van het probleem van de spiegelfrekwenties verlost, omdat de hoge eerste middenfrekwentie het ontstaan van spiegels verhindert (de selectiviteit van de antennekring moet voldoende worden geacht om frekwenties op 3 MHz van de afstemfrekwentie voldoende te onderdrukken), maar ook omdat de lage tweede middenfrekwentie van 100 kHz de toepassing van uiterst selectieve kringen mogelijk maakt en een bandbreedte van b.v. 3 kHz door toepassing van het conventionele middenfrekwent-bandfilter gemakkelijk is te halen. Achteraf kan dus worden gezegd dat de voor normale ontvangers gekozen middenfrekwentie van ca. 450 kHz een compromis is dat enerzijds net niet voldoende spiegelonderdrukking geeft en anderzijds net niet voldoende selectiviteit. Het schema van een ontvanger die is uitgerust met een hoogfrekwent-voorversterker, alsmede met dubbele conversie, is in fig. 52 weergegeven.

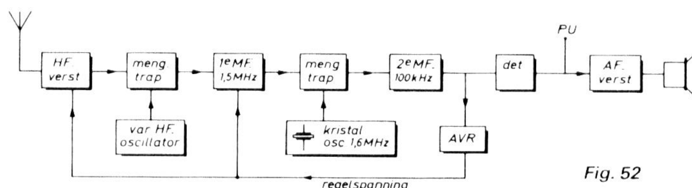


Fig. 52

Inmiddels moet worden opgemerkt dat de laatste tijd ook veel is gedaan om de doorlaatkromme van de op 450 kHz afgestemde middenfrekwentkringen te verbeteren. Steeds meer worden zgn. mechanische filters toegepast. Dit zijn resonatoren die bestaan uit twee elementen die in staat zijn om elektrische trillingen om te zetten in mechanische vibraties, alsmede een aantal resonatieschijfjes en koppelstaafjes. Bij het mechanische filter wordt het aan één einde toegevoerde signaal eerst omgezet in een mechanische trilling, die de schijfjes in resonantie brengt. Aan het andere einde wordt de mechanische trilling dan weer omgezet in een elektrische.

Ook zijn recentelijk in veel compacte ontvangers de keramische filters verschenen. In deze filters resoneren kleine schijfjes keramisch materiaal (b.v. loodtitanaat) op de middenfrekwentie en ook hier wordt in de onmiddellijke nabijheid van de middenfrekwentie een voortreffelijke doorlaatcurve gemeten. Toch worden keramische filters vaak toegepast in combinatie met conventionele midden-

frekwent-transformatoren, omdat de veraf-selectiviteit van keramische kringen vaak niet al te best is.
De tot dusverre behandelde verbeteringen kan men misschien tegenkomen in ontvangers die nog specifiek voor omroepontvangst geschikt zijn. Vaak echter verkiest de fabrikant om, door toepassing van nog enkele extra schakelingen en regelmogelijkheden, te komen tot een ontvanger die als semi-communicatie-ontvanger door het leven kan; „semi" omdat de eigenschappen van de ontvanger voor werkelijk professioneel gebruik nog wat aan de krappe kant zijn.
Dit type ontvangers heeft vooral in de Verenigde Staten veel opgang gemaakt, met name onder de radio-amateurs. De schakelingen die de ontvanger mede geschikt maken voor amateur-ontvangdoeleinden zijn, behalve de bovengenoemde:

1. Een BFO, of „beat frequency oscillator".
Dit is een oscillator die is afgestemd op de middenfrekwentie van de ontvanger. Vaak kan men de afstemming van deze BFO nog enigszins variëren. Wordt de BFO ingeschakeld, dan wordt aan de detector niet alleen het middenfrekwentsignaal toegevoerd, maar ook nog het BFO-signaal. In de luidspreker zal dan de verschilfrekwentie tussen de middenfrekwentie en de BFO-frekwentie hoorbaar worden als een constante toon. De BFO is in de eerste plaats ontworpen om CW (continuous wave) telegrafiesignalen hoorbaar te maken. Deze signalen zijn in feite stukjes draaggolf, ingeschakeld door de seinsleutel van de telegrafist. In een normale ontvanger kunnen ze niet hoorbaar worden gemaakt. Met behulp van de BFO echter kan men een „beat note" of interferentietoon, hoorbaar maken op die momenten dat de draaggolf aanwezig is. Men hoort dan dus de morsesignalen op een toonhoogte die m.b.v. de knop „beat note" regelbaar is.

2. Een S-meter.
Dit is een miniatuur-wijzerinstrument, dat wordt gebruikt om de signaalsterkte aan te geven. Het is „geijkt" in S-eenheden, zoals die onder amateurs wordt gebruikt. De S-meter is in wezen aangesloten aan de AVR-spanning, doch gewoonlijk via een buffertrap omdat de stroom door de meter geen belasting mag vormen voor het AVR-circuit.
Op de meter kan de luisteraar de signaalsterkte van het station op de ontvangstplaats aflezen. Op met een S-meter uitgeruste ontvangers komt vaak een ijkknop voor, waarmee men de meter kan ijken wanneer de ontvanger op een bepaalde antenne is aangesloten.

3. Een ruisonderdrukker of een ruisbegrenzer.
De ruisbegrenzer is een eenvoudige schakeling, waarmee het maximale „ruisniveau" kan worden ingesteld. De schakeling is ontworpen voor lokale storingen van b.v. passerend gemotoriseerd verkeer. De stoorpieken wekken in de antenne vaak veel hogere spanningen op dan verafgelegen radiostations doen en de ruis-

begrenzer beperkt nu het niveau van de stoorpieken, zodat ze niet boven het niveau van de ontvangen signalen uitkomen. Daarmee is het ergerlijke effect van deze storing goeddeels onderdrukt.
Veel effectiever is eigenlijk de ruisonderdrukker.
Deze schakeling is wat complexer dan die van de ruisbegrenzer. Haar werking bestaat hieruit dat de schakeling de ontvanger even zeer kortstondig werkeloos maakt tijdens het voorkomen van stoorpieken. Aangezien deze pieken slechts van uiterst korte tijdsduur zijn en intermitterend optreden, zullen er in de gewenste geluidsinformatie, gedurende korte tijden, brokjes ontbreken. De traagheid van het oor maskeert deze ontbrekende geluidsinformatie echter, zodat men de stoorratel nauwelijks waarneemt.

4. Het notch-filter.
Dit wordt ook wel aangegeven als „slot filter" of als „rejection tuning".

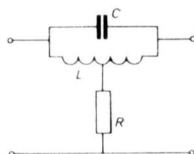


Fig. 53

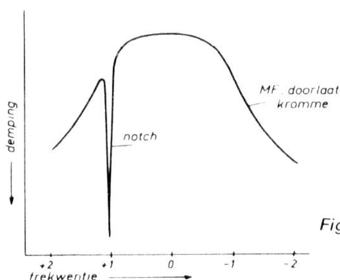


Fig. 54

Het is veelal een zgn. T-filter, dat schematisch is opgebouwd zoals fig. 53 weergeeft. Dit filter heeft een „negatieve" resonantiepiek die door variatie van één van de onderdelen verstembaar kan worden gemaakt. Op die wijze kan óf in het laagfrekwentdeel, dan wel in het middenfrekwent-circuit een uiterst smal bandje uit de totale doorlaatband worden onderdrukt (fig. 54). Dit notch-filter wordt voornamelijk gebruikt om zgn. heterodynes te onderdrukken. Een „heterodyne" is een toon van constante frekwentie, die in de ontvanger wordt opgewekt wanneer de draaggolven van twee verschillende zenders, die beide worden ontvangen, zó weinig in frekwentie verschillen dat het frekwentieverschil een hoorbare toon is. Is de ontvanger dus afgesteld op 15 220 kHz (19,71 m), maar ontvangt zij tevens een zender op 15 221 kHz, dan zal een uitermate hinderlijke toon van 1 kHz of 1000 Hz mede in de luidspreker verschijnen. Deze toon nu kan effectief met behulp van het notch-filter worden onderdrukt (fig. 54).

5. Regelbare bandbreedte.
De middenfrekwent-bandbreedte van een ontvanger ligt, afhankelijk van het ontwerp, tussen de 6 en 9 kHz. Voor de ontvangst van omroepzenders komt dit neer op een geluidsreproduktiemogelijkheid voor frekwenties tussen ca. 40 en

3000 of 40 en 4500 Hz. Voor amateurdoeleinden is deze bandbreedte te groot. Enerzijds wil de amateur in staat zijn om b.v. voor CW-ontvangst, te beschikken over bandbreedtes van 0,5 à 1 kHz, terwijl voor de ontvangst van enkelzijband-gemoduleerde amateurzenders een bandbreedte van ca. 3 kHz vereist is.
Teneinde aan deze wensen tegemoet te komen, treft men op amateurontvangers en semi-communicatie-ontvangers dan ook vaak een regelbare of schakelbare bandbreedte aan. In de schakeling komt de bediening van de bandbreedte-knop vaak neer op het wijzigen van de koppeling tussen de middenfrekwent-kringen, dan wel het inschakelen van scherpe filters.
Voor zeer nauwe bandbreedten wordt gewoonlijk een kristalfilter gebruikt. In dit filter wordt een kwartskristalletje toegepast dat, door haar vorm en afmetingen, in staat is op een exact voorgeschreven frekwentie te resoneren. Men kan zeggen dat het kristal zich dan elektrisch gedraagt als een zeer selectieve resonantie-kring.
In de radiotechniek worden kwartskristallen dan ook gebruikt voor selectieve doeleinden: men treft ze aan in stabiele oscillatoren en in filters van hoge selectiviteit en stabiliteit. Fig. 55 laat het schema van een enkelvoudig kristalfilter zien,

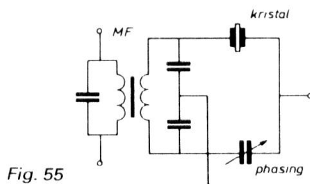


Fig. 55

dat in de middenfrekwentkring van een ontvanger is toegepast. De parallel met het kristal aangesloten „phasing"-condensator dient om de bedradingscapaciteiten bij verschillende frekwenties te kunnen compenseren.

6. Op sommige ontvangers treft men, behalve de afstemknop, een fijnafstemming aan. Hiermee kan, wanneer de ontvanger op een bepaalde golflengte is afgestemd, de afstemming nog iets worden gewijzigd. Een soort elektrische „loep" dus, die bij elke gewenste positie van de afstemknop kan worden gebruikt om ter plaatse nog eens rustig na te stemmen, of te zoeken naar radiostations „in de buurt". Vaak bestaat deze afstemmingsmogelijkheid uit een variabel condensatortje, dat parallel met de afstemcondensator voor de *oscillatorkring* wordt aangesloten. Bij bediening van de fijnafstemming verandert men de oscillatorfrekwentie dus enigszins, waardoor verstemming over een zeer beperkt frekwentiegebied mogelijk wordt.
Het is voor de fijnafstemming niet nodig om ook de antennekring in afstemming te wijzigen. Immers, deze kring is gewoonlijk zo weinig selectief dat het nutteloos is om haar voor kleine variaties van de oscillatorfrekwentie nog bij te stemmen, aangezien dit in de gevoeligheid van de ontvangst toch niet tot uiting komt.

7. De „antennetrimmer" is gewoonlijk een variabele condensator van ca. 250 pF die, in serie met de antenne, tussen de antenne-ingang en de antennekring van de ontvanger is opgenomen. Men zou de werking van deze condensator globaal kunnen omschrijven als het „elektrisch verkorten" van de antenne, waarbij voor elke frekwentie bij een bepaalde stand van de trimmerknop een maximale aanpassing tussen de ontvanger en de antenne wordt verkregen en daarmee ook een zo gunstig mogelijke signaaloverdracht. Gewoonlijk wordt de knop echter éénmalig gebruikt; nl. om een willekeurige antenne op de ontvanger aan te passen.
Bij sommige ontvangers, waarbij de antenne-ingangsimpedantie nauwkeurig bekend is, komt deze antennetrimmer niet voor. In dat geval gaat de fabrikant ervan uit dat de ontvanger in combinatie met een „aangepaste" antenne wordt gebruikt.

Veel ontvangers in de sector van de radio-amateurs zijn geschikt voor de ontvangst van enkelzijband (EZB)-signalen. De term EZB (in het Engels: SSB) verdient een nadere toelichting.
Bij normale amplitude-modulatie (AM), zoals die b.v. in de lange golf, middengolf en korte golf wordt toegepast, ontstaan tijdens het modulatieproces in de zender *twee* zijbanden. Het moduleren van de zender is het aanbrengen van de geluidsinformatie op de in de zender opgewekte draaggolf, zodat het geheel een radiofrekwent signaal wordt dat zich draadloos kan voortplanten.
Men kan het gemoduleerde signaal dus onderverdelen in:

a. een draaggolf;
b. een stuk zijbandmodulatie dat zich tot ca. 5 kHz beneden de draaggolffrekwentie uitstrekt;
c. een stuk zijbandmodulatie dat zich tot ca. 5 kHz bóven de draaggolffrekwentie uitstrekt.

De beide zijbanden bevatten dezelfde geluidsinformatie. Dat blijkt wel bij het demodulatieproces wanneer we slechts één zijband gebruiken. In feite zouden we dus aan de draaggolf plus één zijband voldoende hebben voor onze ontvanger.
De grote voordelen van EZB komen echter pas, wanneer we óók de draaggolf weglaten. Voor de propagatie van het signaal door de ruimte maakt dit geen verschil, aangezien die ene uitgezonden zijband toch hoogfrekwent gemoduleerd is. Voor de demodulatie echter is de draaggolf noodzakelijk. Bij de demodulatie van EZB-signalen wordt de draaggolf nu kunstmatig in de ontvanger aangebracht, vlak vóór het moment dat de demodulatie plaatsvindt. Het is de BFO (ook wel CIO voor „carrier insertion oscillator" genoemd) die als hulpdraaggolf-oscillator optreedt.
Het zal duidelijk zijn dat een nauwkeurig op de juiste plaats aanbrengen van de hulpdraaggolf t.o.v. het naar de middenfrekwentie getransformeerde enkelzijbandsignaal, noodzakelijk is om tot een goede demodulatie te komen. Dit bete-

kent in feite dat zowel het door de BFO opgewekte signaal als het oscillatorsignaal van de ontvanger zeer stabiel moeten zijn en de schakeling dus van hoge kwaliteit. In de praktijk wordt de draaggolf op de juiste plaats „gerangeerd" door de afstemknop van de BFO, ofwel het enkelzijbandsignaal wordt met behulp van de fijnafstemming op haar plaats gerangeerd t.o.v. de op één vaste (midden)frekwentie werkende BFO. Wanneer de positie van de hulpdraaggolf t.o.v. het aangeleverde middenfrekwentsignaal binnen 50 Hz nauwkeurig is, kan de demodulatie goed verlopen.
Toch zijn er meer condities die de ontvangst van EZB-signalen bemoeilijken. Zo zal, bij het gebruik van een normale diode-detector, het sterkteverschil tussen de BFO-hulpdraaggolf en het middenfrekwentsignaal een factor 6 à 10 moeten bedragen. Om dit te kunnen realiseren, is eigenlijk een met de hand regelbare hoogfrekwent-versterking (RF-gain) noodzakelijk.
Hiervoor moet de AVR (automatische versterkingsregeling) worden uitgeschakeld. Vaak wordt de handbediende hoogfrekwent-versterking aangegeven als MGC: manual gain control, dan wel als RF-gain.
De echte enkelzijband-ontvangers hebben voorts een regelbare AVR. Eerder werd opgemerkt dat de AVR een variërende gelijkspanning is, waarvan de grootte wordt bepaald door de sterkte van het binnenkomende signaal. Men kan, door een juiste onderdelenkeuze, de traagheid van de AVR-spanning wijzigen. Voor normale ontvangers bedraagt de zgn. RC-tijd 0,1 seconde, maar voor EZB is, door het afwezig zijn van de draaggolf, eerder een langere tijd wenselijk. Daarom zijn vele semi-communicatieontvangers uitgerust met een inschakelbare zgn. vertraagde AVR. Deze kan weliswaar snel opregelen (b.v. in $^1/_{1000}$ seconde), maar de AVR-spanning blijft dan gedurende 0,1 tot 1 seconde (afhankelijk van de schakelstand) intact.
Vele amateur- en communicatie-ontvangers zijn, voor een minder kritische en ook betere EZB-demodulatie, uitgerust met een zgn. produkt-detector. Dit is in wezen een mengtrap, waarin het BFO (CIO) en het EZB-middenfrekwentsignaal worden samengevoegd, op overeenkomstige wijze als bij de hoogfrekwentmengtrap. Het voordeel van de produkt-detector is niet alleen een betere geluidskwaliteit, maar ook een veel minder kritische verhouding tussen de sterkte van het aangeboden middenfrekwentsignaal en die van de hulpdraaggolfoscillator. De produkt-detector is gemakkelijk als additioneel element aan een bestaande ontvanger toe te voegen. Later zullen hiervoor de nodige aanwijzingen worden gegeven.
Enkelzijbandmodulatie wordt door amateurs veel toegepast. Daarbij wordt op frekwenties tot en met de 7 MHz(40 m)-band gewoonlijk gebruik gemaakt van de onderzijband, dat is de zijband die zich vanaf de draaggolf naar de lagere frekwenties uitstrekt, terwijl voor frekwenties boven de 7 MHz, dus met name op de 14 en 21 MHz (20 en 15 m) amateurbanden de bovenzijband wordt gebruikt. Tot slot is in fig. 56 het gefingeerd blokschema van een goede communicatie-ontvanger getekend. Hierbij is de plaats van de verschillende organen bij het schema aange-

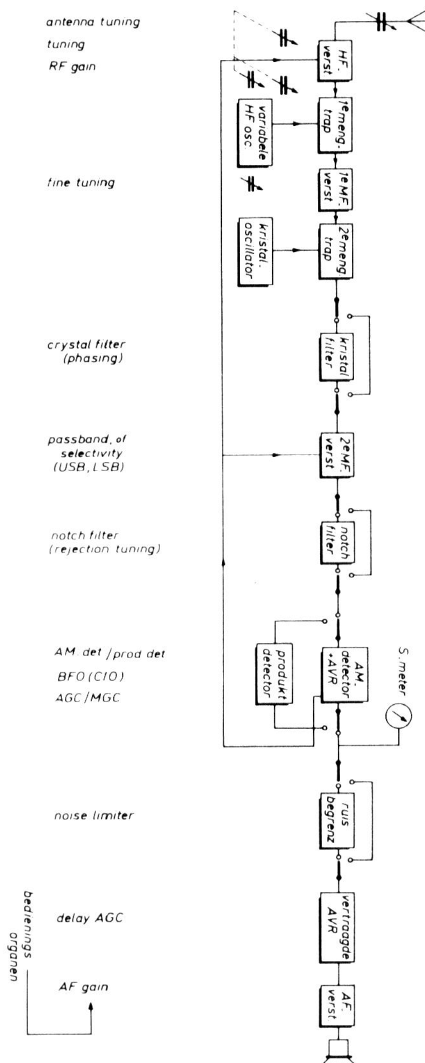


Fig. 56

geven, zodat een overzicht wordt verkregen van de plaats die zij in de ontvanger-schakeling bezetten.

Het is nog niet zo lang geleden dat een tot op dat moment onbekende Amerikaanse fabrikant, Drake, op de markt verscheen met een revolutionair nieuw ontwerp voor een kortegolf-ontvanger. Het voornaamste voordeel van dit type was dat het een lineaire en nauwkeurig afleesbare schaal had, waarmee de kortegolf-fre-

kwenties met een nauwkeurigheid van ca. 1 kHz konden worden ingesteld en afgelezen. Dit betekende voor het kortegolf-luisteren een belangrijke vooruitgang; de luisteraar kon immers zonder enige moeite op een station met bekende frekwentie afstemmen. Hiermee behoorde de onzekerheid omtrent een juiste afstemming, die bij gewone ontvangers vrijwel altijd optrad, tot het verleden.

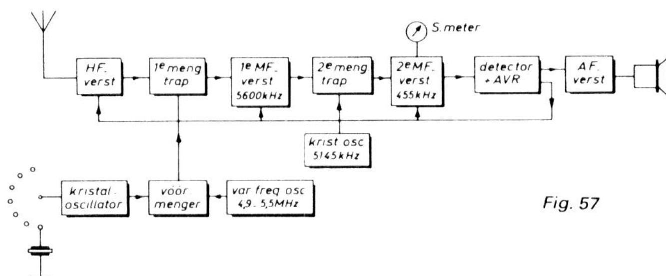


Fig. 57

Het – enigszins vereenvoudigde – blokschema van de ontvanger is in fig. 57 weergegeven. Een globaal overzicht leert ons dat we hier te doen hebben met een ontvanger waarin dubbele conversie is toegepast. De gekozen middenfrekwenties zijn 5600 en 455 kHz. De omzetting van de eerste naar de tweede middenfrekwentie vindt plaats door middel van een kristaloscillator, die is afgestemd op 5145 kHz.

De belangrijkste wijzigingen t.o.v. een „conventioneel" opgezette ontvanger liggen echter in het hoogfrekwentdeel van de ontvanger. We zien dat het naar de mengtrap gevoerde signaal uit een vóórmenger komt. In deze vóórmengtrap brengt men de frekwenties van een kristaloscillator samen met die van een variabele frekwentie-oscillator. De door de kristaloscillator geleverde frekwentie wordt bepaald door het daarin toegepaste kristal: bij dit type ontvanger heeft men b.v. een keuzemogelijkheid uit tien kristallen, waarmee dus tien verschillende frekwenties kunnen worden gekozen.

De variabele frekwentie-oscillator heeft een frekwentiebereik van 4,9 tot 5,5 MHz. Voor dit beperkte afstembereik is het bij deze frekwentie mogelijk om een zeer stabiele hoogfrekwent-oscillator te bouwen, die tijdens bedrijf dus vrijwel niet zal verlopen.

Mengt men het signaal uit deze oscillator met dat van een op 22,6 MHz werkende kristaloscillator dan kan een mengprodukt ontstaan dat tussen 17,7 MHz en 17,1 MHz kan variëren, afhankelijk van de afstemknop van de HF-oscillator. Dit signaal wordt aan de mengtrap toegevoerd. Wil men uitkomen op een (eerste) middenfrekwentie van 5,6 MHz dan blijkt dat het aan de mengtrap aangeboden signaal tussen de 17,7 – 5,6 = 12,1 MHz en de 17,1 – 5,6 = 11,5 MHz komt te liggen. Dit bereik, dat dus 600 kHz „breed" is, omvat mede de 11 MHz-(25 m)-kortegolfomroepband.

Voor andere omroepbanden zullen steeds andere kristalfrekwenties worden

toegepast: b.v. 26,1 MHz voor de 15 MHz-(19 m)-, of 20,6 MHz voor de 9 MHz-(31 m)-band. Bij dit type ontvanger is het afstembereik dus steeds 600 kHz, terwijl de afstemfrekwenties worden bepaald door de kristalkeuze van de HF-kristal-oscillator.

Bij de Drake-ontvanger wordt de HF-versterker, die de antennekringen bevat, apart afgestemd. Daarmee wordt dus een bepaalde frekwentieband tot de mengtrap toegelaten. De werkelijke stationskeuze echter geschiedt met de tussen 4,9 en 5,5 MHz variabele VFO, die bepaalt welke oscillatorfrekwentie er aan de mengtrap wordt toegevoerd. Deze gescheiden afstemming van antenne- en oscillatorkringen omzeilt de moeilijke gelijkloop tussen de afstemcondensatoren; zij wordt later ook toegepast in het kortegolf-voorschakelapparaat.

De Drake-ontvangers zijn tafelradio's die op het lichtnet worden aangesloten. Zij zijn duurder dan een kwalitatief goede huiskamerontvanger.

Ook qua uiterlijk kunnen deze ontvangers worden geclassificeerd bij de ,,semi-communicatie-ontvangers'', die in de Verenigde Staten tot een zekere populariteit zijn gekomen, doch in het algemeen te duur waren voor de Europese markt.

In deze klasse zijn nog enkele andere bekende namen: Hammarlund, Heath(kit) en Galaxy, terwijl voorts ook het beroemde merk Collins een amateurontvanger op de markt brengt.

Gewoonlijk brengen deze fabrikanten verschillen typen van één model op de markt, die dan ófwel geschikt zijn voor de amateurbanden, ófwel voor de amateur- plus omroepbanden. Dit laatste type geeft men gewoonlijk aan met de term ,,general coverage''-ontvangers.

In Europa heeft de amateurontvanger van Amerikaanse makelij geen aftrek gevonden. De Sommerkamp, die van Japanse oorsprong is, bezit onder de amateurs als enkelzijband-ontvanger wél populariteit, terwijl Heath, die in Europa is vertegenwoordigd, met name om haar zelfbouwapparatuur bekendheid geniet.

In Europa zijn de goede kortegolf-ontvangers vooral te vinden in de topklasse-portables. Verschillende Europese fabrikanten als Grundig en Nordmende zijn in dit veld actief, doch ook de Japanse Sony heeft een grote keuze ontvangers die met uitgebreide kortegolfbanden zijn uitgerust. Eigenlijk hebben alle leidende Europese fabrikanten wel een portable in de klasse ,,wereldontvangers''.

De enige kortegolf-portable met een frekwentie-aflezing die tot ca. 5 kHz nauwkeurig is, is de Barlow-Wadley XCR-30. Globaal werkt dit apparaat volgens het principe dat bij de Drake-ontvangers wordt toegepast. Zo vindt men ook twee afstemknoppen, waarvan er één elke MHz kan worden afgesteld en de ander een bereik heeft van 1000 kHz. Evenals de meeste wereldportables, heeft de Barlow-Wadley een kortegolfbereik dat zich tot boven de 26 MHz (11 m) uitstrekt. Aan de onderzijde van het KG-bereik treft men in deze klasse wel verschillen aan: de meeste hebben de 49 m-band (6 MHz) als laagste band; slechts enkele omvatten mede de zgn. tropenbanden: 60, 90 en 120 m, resp. overeenkomend met frekwenties van ca. 4,9, 3,3 en 2,4 MHz. Daarentegen omvatten de golfbereiken van de meeste wereldportables zowel het VHF-bereik van 87,5–108 MHz ten behoeve

van frekwentiegemoduleerde (FM-)uitzendingen, alsmede lange golf en middengolf.
De prijzen van portables in deze klasse variëren, afhankelijk van de kwaliteit en de technische mogelijkheden, tussen ca. 400 en 3000 gulden.
De Amerikaanse semi-communicatie-ontvangers kosten tussen ca. $ 300 en $ 750.

7. ZELFBOUW-PROJECTEN

Het is, binnen zekere grenzen, mogelijk om de prestaties van een bestaande ontvanger op te voeren of uit te breiden door toevoeging van extra schakelingen die ófwel als losse eenheid naast de radio kunnen worden geplaatst, dan wel op eenvoudige wijze in de bedrading van het toestel kunnen worden opgenomen.
Enkele in de praktijk getoetste ontwerpen zullen hier worden behandeld. We beginnen met een tweetal eenheden die geheel los van de radio kunnen worden opgesteld.
Het *kortegolf-voorschakelapparaat,* ook wel „KG-converter" genoemd, wordt in combinatie met de ontvanger gebruikt om betere KG-ontvangst te krijgen, dan wel om het ontvangbereik van de radio uit te breiden. Het hier beschreven ontwerp is primair geschikt voor een golfbereik van 11 tot en met 19 m (26,2 – 15,0 MHz), maar kan door de inschakeling van andere spoelen en het wijzigen van enkele onderdelen ook geschikt worden gemaakt voor de kortegolfbanden tussen 25 en 50 m (12 – 6 MHz) of zelfs voor nog lagere frekwenties.
De converter wordt aangesloten op de antenne- en aarde-aansluiting van de ontvanger. Beide aansluitingen zijn nodig. Mocht uw ontvanger geen aardaansluiting bezitten, dan zal deze dus moeten worden aangebracht. Dit is vrijwel altijd mogelijk, behalve wanneer de radio van het „universele" type is, d.w.z. zowel geschikt voor wisselspanning als voor gelijkspanning van dezelfde waarde. Dit type ontvanger is in onbruik geraakt met de introductie van de transistorontvangers, doch kwam vroeger wel als scheepsradio voor, of voor gebruik in plaatsen waar slechts een gelijkspanningsnet aanwezig was.
Het schema van de converter is in fig. 58 afgebeeld. Ruwweg kan men onderscheiden: het bandfilter, bestaande uit o.a. L1 en L2 met de erbij behorende vaste en variabele condensatoren: de oscillatorkring – waarvan TS2 het centrum is – en de mengtrap, waartoe o.a. (veldeffecttransistor) TS1 en L4 behoren.
Het apparaat kan worden gevoed door een batterij met een spanning die tussen 6 en 12 V kan liggen. De koppeling met de radio vindt plaats door de rechts getekende uiteinden A en G van de secundaire wikkeling van L4, die resp. met de antenne- en met de aardebus van de ontvanger worden verbonden.
De externe antenne wordt bij het kortegolf-voorschakelapparaat aangesloten aan bus 1. Bus 2 wordt met het chassis doorverbonden. Wordt echter een dipoolantenne toegepast, dan wordt deze op de bussen 1 en 2 aangesloten. Bus 2 wordt dan niet met het chassis verbonden.

Het bandfilter omvat twee kringen, die onderling zijn gekoppeld. Het doel ervan is om een vóórselectie te krijgen van een beperkt golfgebied, waarin het gewenste station te vinden is.
De beide variabele condensatoren van dit bandfilter zitten op één as. De gewenste capaciteitsverandering ligt tussen 10 en 200 pF. Deze verandering kan worden verkregen door twee afstemcondensatoren van elk 470 pF (maximale capaciteit) in serie te zetten met twee vaste condensatoren van elk 330 pF, maar óók door b.v. twee afstemcondensatoren van 365 pF (of daaromtrent) elk in serie te schakelen met een vaste condensator van 470 pF. Het is verstandig voor deze vaste condensatoren keramische condensatoren of micacondensatoren te gebruiken.

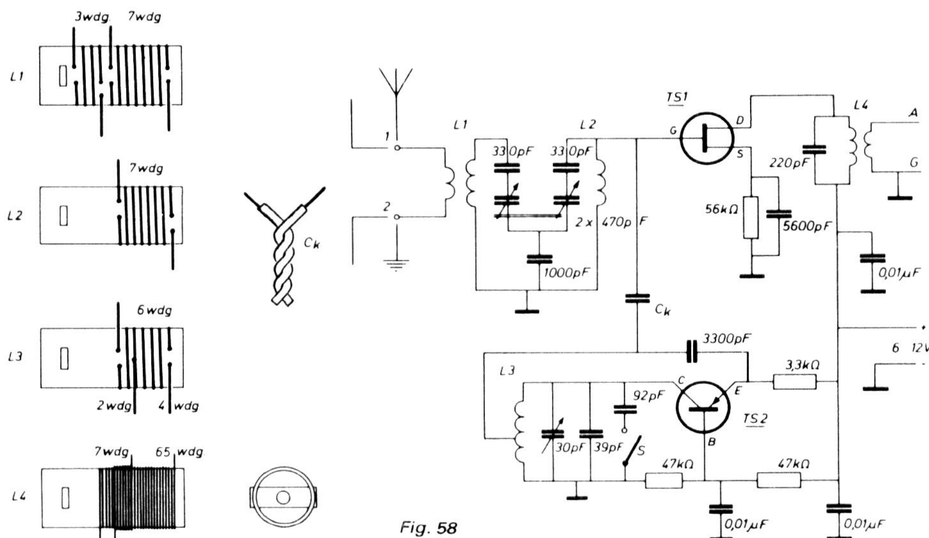


Fig. 58

De spoelen van de converter kan men eenvoudig zelf wikkelen. Men heeft hiervoor enkele kleine stukjes PVC-installatiebuis met een buitendiameter van 5/8 inch (16 mm) nodig.
Deze wordt over een lengte van ca. 16 mm bewikkeld met geëmailleerd koperdraad van 0,7 of 0,8 mm doorsnede als aangegeven in fig. 58. De bevestiging van de spoelen kan b.v. plaatsvinden door hierin aan de onderzijde een tweetal sleufjes aan te brengen, waardoor heen dan een smal koperen stripje gaat, dat voorzien is van een gaatje van enkele mm. Hierdoor kan dan een metalen (koperen) boutje worden gevoerd. Het is natuurlijk óók mogelijk om de spoelen m.b.v. tweecomponentenlijm (zgn. metaallijm, araldite) vast te lijmen.
De oscillatorkring wekt een elektrische trilling van hoge frekwentie op. De frekwentie van deze trilling wordt bepaald door de eigenschappen van de slinger-

kring die bestaat uit L3 met de daaraan parallel geschakelde capaciteiten. Hiervan is de capaciteit van 92 pF inschakelbaar d.m.v. een schakelaar, waardoor het bereik van de converter kan worden omgeschakeld van de 11 en 13 m naar de 16- en 19 m-banden. De variabele condensator van 0-30 pF is de afstemcondensator van de oscillatorkring. Het actieve element is transistor TS2. Dit is b.v. een AF106, AF124, 2N384 of iets dergelijks. De door de oscillatorkring opgewekte frekwenties liggen voor de 11 en 16 m-banden 1,6 MHz *onder* de frekwenties van de antennekring en voor de 13 en 19 m-banden 1,6 MHz *boven* de frekwenties van de antennekring.
De signalen van de antennekring en de oscillator komen samen in de mengtrap, waar een hoogwaardige veldeffecttransistor (FET) wordt toegepast. Hiervoor kan b.v. een type als de BF245, MPF102 of 2N4224 worden toegepast. In de uitgang van de mengschakeling vindt men een afgestemde kring (L4 met condensator 220 pF parallel), die op ongeveer 190 m is afgestemd. De juiste afstemming van deze kring vindt men door de afstemming van het radiotoestel in de buurt van 190 m te verdraaien, totdat men het gevoeligste bereik heeft gevonden. Eventueel kan, door toepassing van een iets andere condensator, de frekwentie van de kring nog wat worden verstemd.
De secundaire wikkeling van L4 is de koppeling voor de ontvanger. L4 wordt, in tegenstelling tot de andere spoelen, bewikkeld met geëmailleerd koperdraad van ca. 0,3 mm doorsnede. Er zijn 65 windingen, die tegen elkaar liggen. De tweede wikkeling, bestaande uit 7 windingen, is over de eerste heen gewikkeld. Eventueel kan tussen de twee wikkelingen een stukje dunne plastic folie worden aangebracht.
Ten slotte even uw aandacht voor de koppelcondensator C_k. Deze wordt gemaakt van twee stukjes geïsoleerd draad, die over een lengte van $2^1/_2$ cm in elkaar worden gedraaid.
De verbinding tussen de converter en de antenne- en aarde-aansluitingen van de radio moet bij voorkeur kort zijn (50 à 70 cm). Het gebruik van een coaxiale kabel, waarvan de afschermmantel aan aarde ligt, wordt aanbevolen.
De praktische opstelling van de onderdelen is geïllustreerd in de figuren 59 (vooraanzicht) en 60. Deze laatste figuur is een enigszins opengewerkte tekening, waarbij achtereenvolgens van links en van rechts tegen de achterzijde van het apparaat is aangekeken.
Het is mogelijk om van de hier toegepaste opstelling af te wijken, zonder dat men moeilijkheden krijgt; zolang er maar een duidelijke afscherming blijft tussen de oscillatorkring en de rest van de schakeling. Hebt u weinig ervaring in de elektronica, dan wordt geadviseerd om nauwkeurig de tekeningen en de beschrijving aan te houden.
De frontplaat meet 20 × 11 cm en bestaat uit triplex of hardboard, aan de achterzijde „bekleed" met een dun koperen, zinken of blikken plaatje van dezelfde afmetingen. In het midden is, haaks erop, een plaatje triplex of multiplex aangebracht van 10 × 11 cm, dat aan de oscillatorzijde eveneens is „bekleed" met een-

zelfde metalen plaatje. Door middel van enkele soldeerpunten worden de beide metalen plaatjes onderling elektrisch verbonden. Voor de mechanische sterkte van de constructie zorgt een houten blokje van ca. 2 × 2 × 7 cm, dat in fig. 60 aan de rechterkant zichtbaar is. Het blokje wordt, met de korte kant naar voren, in de hoek vastgelijmd en kan dan tevens dienen als steun voor de dubbele afstemcondensator van het bandfilter en als bevestiging voor L2. Een ander blokje, dat ca. 2 × 2 × 3 cm meet, is wat lager vastgelijmd en dient als steun voor de andere kant van de afstemcondensator en voor L4. Ook kan er een bedradingssteuntje op worden vastgeschroefd, waarop of waarbij dan TS1 en enkele andere kleine onderdelen een plaatsje kunnen krijgen.

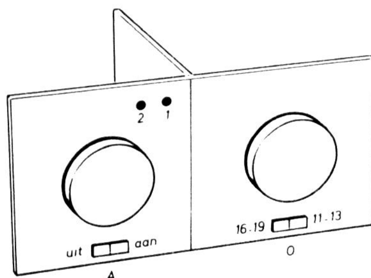


Fig. 59

Vóórdat de grote onderdelen worden geplaatst, worden ze eerst op de latere aansluiting voorbereid door de aansluitlipjes met de soldeerbout te vertinnen. Hiertoe moet u bij de spoelen de uiteinden van de draden over enkele millimeters met een mesje schoonkrabben, teneinde de email-isolatielaag daar te verwijderen. Op dezelfde wijze wordt bij de spoelen het maken van de aftakkingen voorbereid.
Bij de variabele condensatoren vormt de massa altijd de aardzijde. Bij de dubbele condensator moeten we er dus op letten dat de houtschroeven waarmee dit onderdeel is vastgezet, niet met het chassis in contact komen, anders immers zou de 1000 pF seriecondensator worden kortgesloten. Let er ook op dat de assen van de afstemcondensatoren de metalen frontplaat niet raken. Zorg dus voor een voldoende ruime doorvoering.
Na de plaatsing van de grotere onderdelen kan de bedrading worden aangebracht. Gebruik hierbij bij voorkeur een radio-soldeerbout van ca. 25 W. Deze is klein en daardoor handig in het gebruik. Verschillende massa-aansluitingen, als getekend in fig. 58, kunnen inderdaad rechtstreeks aan de metalen frontplaat of het metalen tussenschot worden gesoldeerd. Korte verbindingen zijn aan te bevelen, teneinde ongewenste koppelingen te voorkomen. Fig. 60 illustreert e.e.a. zo duidelijk mogelijk. Let op de aansluitingen van de transistoren. Vergewis u er, bij gebruik van vervangende typen, ook van dat u de elektroden goed aansluit. Gebruik bij het aansluiten van de transistoren bij voorkeur een plat tangetje dat u tussen het soldeerpunt en de transistor houdt, zodat noch de stralingswarmte

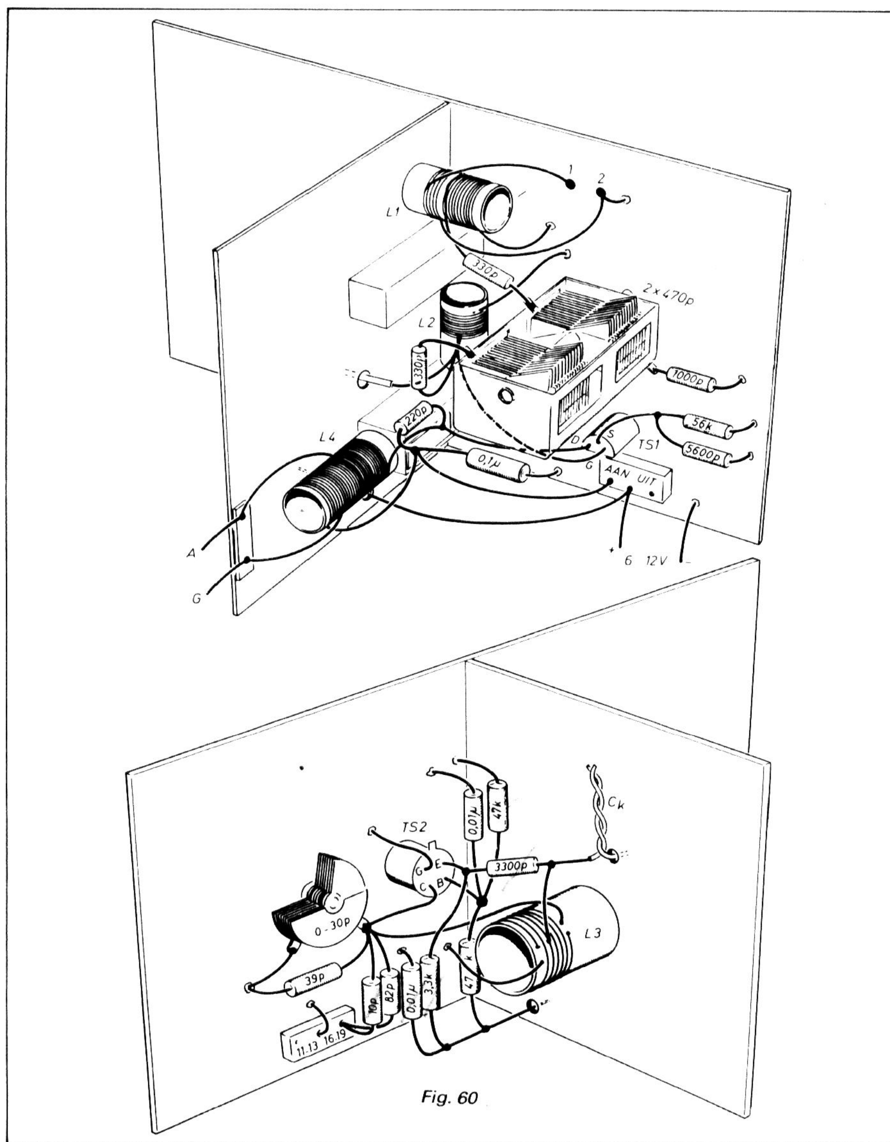


Fig. 60

van de bout, noch de geleidingswarmte via de draad, de transistor kunnen beschadigen. Nadat alle soldeeraansluitingen zijn gemaakt, wordt de schakeling in haar geheel nog eens zorgvuldig gecontroleerd, vóórdat de aansluiting van de batterij, de antenne en het radiotoestel plaatsvindt.

Het bedienen van het kortegolf-voorschakelapparaat zal in het begin zeker enige moeite kosten. Het beste is om steeds eerst de oscillatorkring af te stemmen en daarna de antennekring. Het is wenselijk om voor de oscillatorkringafstemming een fijnregelknop te gebruiken met een vertraging van b.v. 5 op 1. U doet er verder goed aan om, wanneer u de bij elkaar behorende standen van de afstemknoppen eenmaal hebt gevonden, deze (b.v. door puntjes kleurige verf) te markeren.
Wanneer alles tot tevredenheid werkt, kan men ten slotte een houten kastje maken waarin de converter wordt opgeborgen.
Ten slotte dan de modificaties die voor andere frekwentiebereiken nodig zijn:

Voor het bereik van 5,5 – 12,5 MHz, dat de 49, 41, 31 en 25 m-kortegolfbanden omvat:

L1: 15 windingen, gewikkeld over een lengte van ca. 16 mm, met een koppelwikkeling van 5 windingen (kerndiameter spoel 16 mm).
L2: 15 windingen, gewikkeld over een lengte van ca. 16 mm.
L3: 15 windingen, gewikkeld over een lengte van 16 mm, en afgetakt op 5 windingen.
L4: onveranderd.

Het bandfilter ondergaat evenmin veranderingen, maar voor de condensator van de oscillatortrap is een maximumcapaciteit van ca. 125 pF vereist.

Voor een bereik van ca. 2,5 – 5,5 MHz, dat de 75 m-omroepband alsmede de 60 en 90 m-tropenbanden omvat, gelden de volgende gegevens:

L1: 42 windingen van 0,3 mm emaildraad, gewikkeld over een lengte van 16 mm (de kerndiameter blijft steeds hetzelfde nl. 16 mm).
De koppelwikkeling op L1 bevat 10 windingen.
L2: idem.
L3: 30 windingen, afgetakt op 10 windingen.
L4: onveranderd
De condensator van de oscillatortrap moet nu een maximumcapaciteit van ca. 150 pF bezitten.

Het tweede zelfbouwproject is een hulpapparaat dat dient om van tijd tot tijd te worden ingeschakeld teneinde, met enige accuratesse, de frekwentie van een station te bepalen, dan wel de ontvanger te ijken. Het is de *kristalkalibrator,* die in feite bestaat uit een kristaloscillator, met daaraan gekoppeld een schakeling die van de basisfrekwentie harmonischen (veelvouden) produceert die tot boven de 20 MHz door de ontvanger kunnen worden waargenomen.
Als basisfrekwentie werd 250 kHz gekozen. De eenheid levert dan dus zwakke draaggolven, die zich elke 250 kHz herhalen.
Het is óók mogelijk om een kristal van b.v. 100 kHz of 1 MHz, toe te passen. Beide

hebben nadelen: de 100 kHz-herhaling wordt, vooral bij hogere frekwenties, moeilijk omdat men dan niet meer kan determineren of men op b.v. 17,0, dan wel 17,1 MHz is afgestemd. Bovendien gaan de spiegelfrekwenties een verstorende rol spelen.

Bij toepassing van een 1 MHz-kristal is weliswaar een nauwkeurige ijking mogelijk, maar de ruimte tussen twee ijkpunten is, vooral op de lagere frekwenties, te groot. Het schema van de kristalkalibrator is in fig. 61 getekend. Het is mogelijk om deze eenheid op de conventionele wijze te bedraden, doch het is óók mogelijk om een printplaat te maken. Hoe deze er dan uit gaat zien, toont fig. 62. De print-

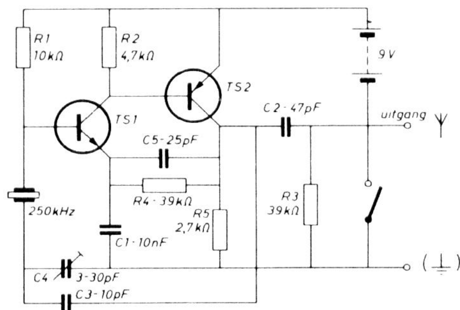
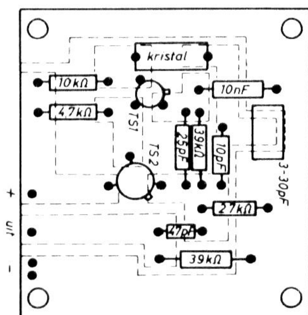


Fig. 61



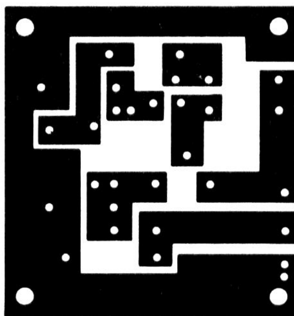


Fig. 62

plaat meet in werkelijkheid ca. 5,5 × 5,5 cm. De plaatsing van de onderdelen blijkt eveneens uit deze figuur. De waarden van de onderdelen zijn:

C 1 = 10 000 pF.	R 1 = 10 kΩ/$^1/_4$ W.
C 2 = 47 pF mica of keramisch.	R 2 = 4,7 kΩ/$^1/_4$ W.
C 3 = 10 pF id.	R 3 = 39 kΩ/$^1/_4$ W.
C 4 = 3–30 pF luchttrimmer.	R 4 = 39 kΩ/$^1/_4$ W.
C 5 = 25 pF mica of keramisch.	R 5 = 2,7 kΩ/$^1/_4$ W.

TS1: BF115, SE1001, 2N708 of equivalent.

TS2: OC170, OC171, ASZ20, AF116N, 2N1110 of equivalent.

De trimmer-condensator dient om de oscillator precies op 250 kHz af te regelen, zodat één op de vier herhalingsfrekwenties dus samenvalt met de MHz-indicaties van de schaal. Hiertoe wordt de ontvanger afgestemd op een radiostation dat op een standaardfrekwentie uitzendt. Een bekend voorbeeld van zo'n station is WWV (Fort Collins, Colorado, USA) dat o.a. op 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz en 20 MHz uitzendt. Eén van deze frekwenties is gewoonlijk wel te ontvangen.
Stem eerst op WWV af en schakel daarna de kristalkalibrator in. Gebruik nu de trimmer om de hoorbaar geworden constante toon zó ver omlaag te draaien tot zij onhoorbaar wordt. De kalibrator is dan goed afgesteld en kan verder als ijkeenheid worden gebruikt.

Het aanbrengen van een *fijnafstemming* moet in de radio zelf plaatsvinden. Dit is een vrij eenvoudig werkje, maar het moet wel nauwkeurig gebeuren om ongewenste koppelingen te voorkomen.
Voor de fijnafstemming gebruikt men een kleine (b.v. 30 pF) variabele condensator.
Deze wordt zo dicht mogelijk bij de afstemcondensator van de oscillatorkring van de ontvanger aangebracht. Via een verlengasje kan de bediening van de fijnafstemming dan toch buiten de radio plaatsvinden. De verbindingen tussen deze kleine variabele condensator en de oscillatorsectie van de afstemcondensator worden zo kort mogelijk gehouden.

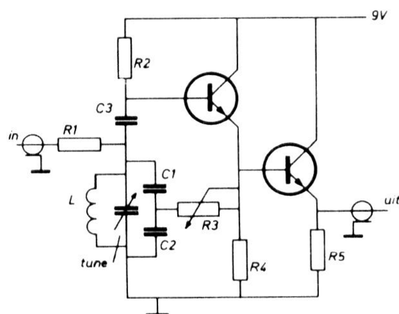


Fig. 63

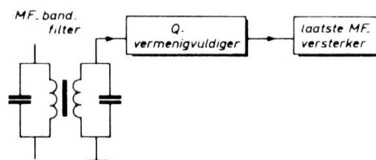


Fig. 64

Het verbeteren van de selectiviteit van een ontvanger kan geschieden door b.v. de belasting van een middenfrekwentiekring te verminderen. Hiervoor dient de zgn. *Q-vermenigvuldiger,* waarvan het schema in fig. 63 is weergeven.
Het is een eenvoudig zelf te bouwen hulpeenheid die via een tweetal korte coaxiale kabels in het middenfrekwentcircuit van de ontvanger parallel aan een MF-bandfilter wordt aangesloten. Hoe dit zou kunnen gebeuren, laat fig. 64 zien.
Het circuit van de Q-vermenigvuldiger bevat twee transistoren van het type OC141, 2N1091, 2N1304, 2SC91 of equivalent. De eenheid bevat een afgestemde

parallelkring die d.m.v. de toegepaste variabele condensator van ca. 300 pF op de middenfrekwentie van het radiotoestel kan worden afgeregeld. Voor L kan een spoel worden gebruikt van een in de handel verkrijgbare middenfrekwent-transformator, maar men kan deze spoel ook zelf wikkelen naar het voorbeeld van de primaire wikkeling van L4 van de kortegolf-converter, maar dan bewikkeld met b.v. 100 windingen.
De waarden van de overige onderdelen zijn:

C1, C2: 1000 pF/25 V.
C3: 2000 pF/25 V.
R1: 3,3 MΩ/$^1/_4$ W.
R2: 270 kΩ/$^1/_4$ W.
R3: potentiometer 10 kΩ lineair.
R4: 1000 Ω/$^1/_4$ W.
R5: 1000 Ω/$^1/_4$ W.

Wanneer de eenheid niet afstembaar blijkt om de middenfrekwentie van de radio – die in de buurt van 450 kHz wordt verondersteld – dan kan een keramische condensator van b.v. 1500 of 2200 pF parallel met de spoel worden geschakeld. Voor een middenfrekwentie van b.v. 915 kHz wordt de waarde van deze parallelcondensator 470 pF. Nog een enkele opmerking over R2. Deze weerstand moet zó worden gekozen dat zij de spanning op de basis van de transistor tot ongeveer de helft van de aangelegde spanning (9 V) verlaagt. Het is mogelijk dat de waarde van R2 in de praktijk wat van de gegeven waarde zal afwijken.

Er is een andere manier om de selectiviteit van de ontvanger te verbeteren. Hiertoe maakt men gebruik van een bekende, maar helaas schaarser wordende dumpontvanger, de BC-453. Dit is van oorsprong een bij de geallieerde luchtmachten toegepaste ontvanger, bekend onder de naam „Command Receiver". Het frekwentiebereik loopt van 200 tot 550 kHz en de m.f.-bandbreedte is 6 kHz. Deze ontvanger wordt van gloeispanning voorzien door een 28 of 24 V transformator. Het stroomverbruik is dan 1 A. De vereiste hoogspanning is ca. 200 à 220 V.

Deze gelijkspanning kan worden verkregen door middel van een eenvoudige plaatspanningseenheid. Het schema van een dergelijke eenheid is in fig. 65 gegeven en spreekt verder voor zichzelf. De selenium-bruggelijkrichter levert een pulserende gelijkspanning, die door middel van een draadgewonden (10 W) weerstand van 1000 à 1500 Ω, samen met twee elektrolytische condensatoren, wordt afgevlakt. Hoe de BC-453 moet worden gevoed, laat fig. 66 zien. De beschouwde voedingsplug bevindt zich op het verlaagde deel aan de achterkant van de eenheid.
De ontvanger wordt, via een coaxiale kabel, op gelijke wijze als de Q-vermenig-

vuldiger op één van de middenfrekwent-bandfilters aangesloten. Dan wordt het 450 kHz-signaal aan de antenne-ingang van de ontvanger toegevoerd. Deze wordt vervolgens met de afstemknop op de middenfrekwentie afgestemd. In de ontvanger wordt een middenfrekwentie van 85 kHz toegepast, zodat uw ont-

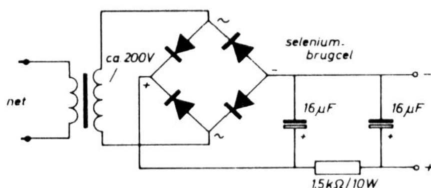


Fig. 65

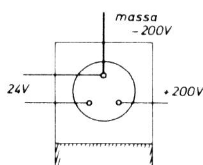


Fig. 66

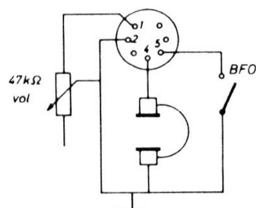


Fig. 67

vanger hiermee in wezen van dubbele conversie wordt voorzien. Het is mogelijk om, op de BC-453, een hoofdtelefoon (2000 Ω) aan te sluiten. Het is bovendien mogelijk om er, middels een 47 kΩ-potentiometer en een schakelaar, een BFO op aan te brengen. Eén en ander is in fig. 67 verduidelijkt. Het aanzicht van de plug geldt die welke aan de vóórzijde van de ontvanger, achter het „laadje", is te vinden.

Het hier beschreven hulpapparaat staat bekend als een Q-5' er (Q-vijfer).

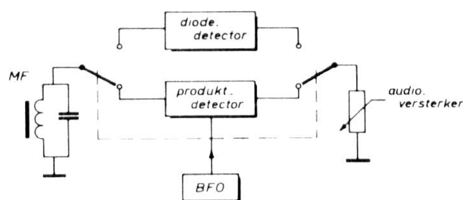


Fig. 68

Tot slot een interessant ontwerp. Het is een *„produkt-detector"* die kan worden gebruikt voor de ontvangst van enkelzijband-signalen. In deze unit bevindt zich een BFO (CIO) en een mengtrap.

Op welke manier de produkt-detector in de schakeling van de ontvanger wordt aangesloten, laat fig. 68 zien. Een schakelaar met twee moedercontacten en twee

standen is hiervoor nodig. Op die manier kan van de diode-detector op de produkt-detector worden overgeschakeld. Het verdient aanbeveling om met dezelfde schakelaar ook de inschakeling van de 12 V.-voedingsspanning te verzorgen.

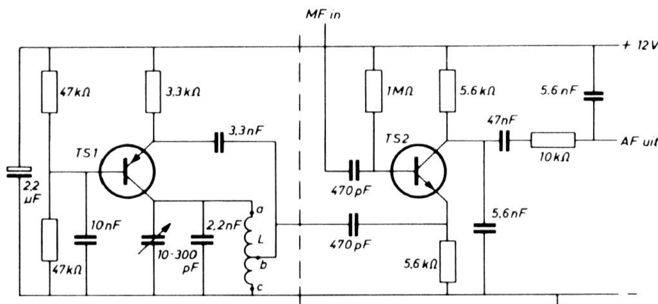
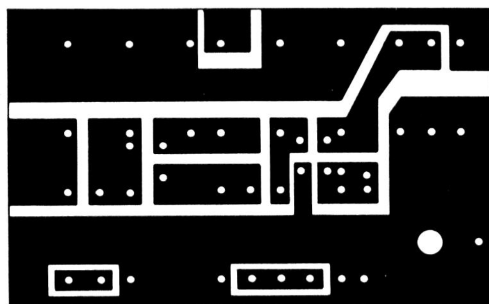


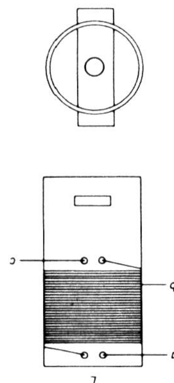
Fig. 69

Het schema van de schakeling is in fig. 69 gegeven; de CIO bevindt zich links van de stippellijn. In het bedradingsschema (fig. 70) is deze aan de rechterkant van de stippellijn te herkennen, b.v. door de lokatie van de mica-afstemcondensator. Wanneer men wél behoefte heeft aan een BFO, maar niet aan een produkt-detector, dan kan de uitkoppelcondensator van 470 pF worden gebruikt om het BFO-signaal in de laatste middenfrekwentkring van de ontvanger te injecteren.
De gegeven waarden van de afgestemde kring in het collector-circuit van TS1 gelden voor een middenfrekwentie van ca. 450 kHz. Wil men de BFO gebruiken voor een middenfrekwentie van b.v. 915 kHz (die b.v. in de dumpontvanger BC-348 wordt gebruikt), dan dient de condensator van 2,2 nF te worden vervangen door een van 470 pF.
De spoel L bevat 65 windingen. De aftakking vindt op de 23e winding van de aardzijde plaats. Zij kan het gemakkelijkst worden gemaakt van Ø 0,3 mm emaildraad, in een enkele laag gewonden op een stukje PVC-installatiebuis met een buitendiameter van 16 mm. Dit is in fig. 70 nog extra aangegeven.
TS1 is van het PNP-type. Hiervoor kan o.a. een AF106, AF125, AF126, 2N1225, e.d. worden gebruikt. TS2 is van het NPN-type, waarvoor de nummers BC107, BCY58, BC147, 2N2712, 2N2921, of 2SC350 in aanmerking komen.

Het afstemmen van EZB-signalen gaat, met deze produkt-detector, als volgt in z'n werk:
Eerst wordt met de ontvanger een SSB-station op maximale signaalsterkte afgestemd. Dit kan gewoonlijk goed gebeuren in de 14 MHz-amateurband, die zich tussen 14 000 en 14 350 kHz bevindt.
Vervolgens wordt de produkt-detector ingeschakeld. De frekwentie van de BFO

wordt zodanig verstemd dat de verstaanbaarheid van het signaal maximaal is. Mocht deze tegenvallen, dan kan worden getracht om door vermindering van het antennesignaal (b.v. door een kortere antenne) tot verbetering te komen.
Het is niet onmogelijk dat de resultaten van EZB-ontvangst tegenvallen, met name wanneer de selectiviteit van de ontvanger niet voldoende is. Zoals bekend is, wordt in de amateurbanden een bandbreedte van 3 kHz voor EZB-modulatie toegepast. Wie een ontvanger met een bandbreedte van 9 kHz gebruikt, loopt de kans dat hij een aantal stations simultaan ontvangt, wat de neembaarheid van het gewenste signaal aanzienlijk bemoeilijkt.
De hier beschreven apparaten zijn, in het algemeen, niet als complete eenheden in de handel aanwezig. De zelfbouw blijkt meestal erg mee te vallen, en het resultaat is vaak verrassend goed, wanneer men zich nauwkeurig aan het schema en aan de opstelling van de onderdelen heeft gehouden.





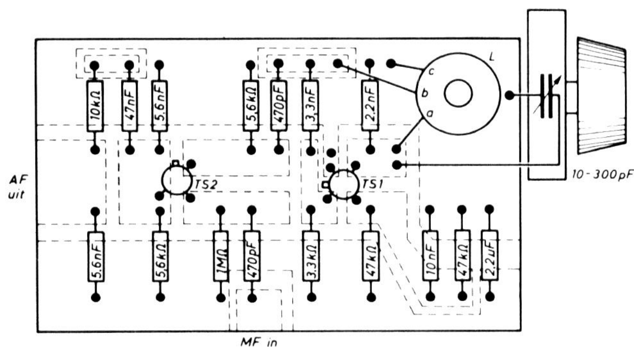


Fig. 70

8. LUISTEREN, RAPPORTEREN EN DX-EN

Het is niet zo dat luisteren naar de kortegolf speciale bekwaamheden vereist, maar de grote keuze uit zenders kan ons voor problemen stellen, terwijl ook het selecteren van de juiste band op een willekeurig moment van het etmaal enige ervaring vereist.
Bovendien geldt dat het bedrijven van de ontvanger op een onbekend frekwentiebereik in het begin wat onwennig is. Dat geldt nog in versterkte mate wanneer men zich een andere ontvanger heeft aangeschaft, die wat meer mogelijkheden heeft dan de vorige.
De bediening van de verschillende knoppen wordt in de handleiding van de ontvanger beschreven. Nadat de antenne is aangesloten en de ontvanger is ingeschakeld, selecteert men eerst de band waarop men wil luisteren. In de daguren kan men in het algemeen het gemakkelijkst afstemmen op de hoge frekwenties. Een hele prettige band is dan de 13 m-band (21,5 MHz), waarop vaak met een behoorlijke signaalsterkte ver verwijderde stations zijn te horen. Blijkt 13 m een te korte golflengte, dan kan men 16 of 19 m proberen. In de avonduren zal de keuze van golflengten vaak anders liggen. In de meeste seizoenen zal 13 m niet meer bruikbaar zijn, wat snel kan worden ontdekt wanneer men pobeert af te stemmen. Men moet dan naar grotere golflengten (lagere frekwenties) uitwijken: 19 m voor uitzendingen die uit westelijke richtingen binnenkomen, 25 en 31 m voor uitzendingen uit oostelijke of zuidelijke richting. In de winter kunnen ook deze laatste golflengten wel eens onbruikbaar worden, zodat dan naar nog lagere frekwenties moet worden uitgeweken. Voor uitzendingen vanaf het westelijk halfrond resteert dan nog alleen 49 m (6 MHz). (7 MHz mag daar niet voor omroep worden gebruikt!)
Het afluisterniveau is bij kortegolf-ontvangst belangrijk, met name wanneer de verstaanbaarheid te wensen overlaat. Aanbevolen wordt om niet met het oor in de luidspreker te kruipen, doch op een afstand van ongeveer een meter te luisteren met een laag afluisterniveau. Het is belangrijk de ontvanger zó in de ruimte op te stellen, dat men geen last heeft van allerlei geluidsreflecties tegen harde wanden of deuren.
Nadat aldus de kortegolfband is gekozen en de geluidssterkte van de ontvanger is afgeregeld, kan met luisteren worden begonnen.
Bij buizenontvangers kan het ongeveer 15 minuten duren voordat de ingestelde

golflengte niet meer verloopt, doch bij transistorontvangers speelt dit nadeel in veel mindere mate.
Men tracht nu, voor de betrokken frekwentieband, de gewenste signalen zo sterk mogelijk te ontvangen. Daartoe stelt men de antennetrimmer af op maximaal signaal, óf men manipuleert met de antenne-aanpassing totdat men de indruk heeft dat de signalen zo sterk mogelijk zijn. Bij een aangepaste antenne met bijbehorende voedingslijn zijn deze maatregelen uiteraard niet nodig. Vervolgens stelt men de overige regelaars en schakelaars goed in en begint dan met de afstemming.
Bij een normale radio zal het afstemmen op de korte golf nogal kritisch zijn; men is snel een station „gepasseerd" en slaagt er dan niet zo makkelijk in om dit weer terug te vinden. De oorzaak hiervan is het gebrek aan duidelijke herkenningspunten op de schaal. Waar de streepjes en de getalletjes uniform zijn, kan men zich snel vergissen. Veel kortegolfluisteraars hebben hun afstemschaal dan ook voorzien van een zgn. logschaal. Dat kan een strookje millimeterpapier zijn dat op de schaal is geplakt, of een doorzichtig plastic liniaaltje, waarop men in elk geval elke mm en elke 10 mm duidelijke herkenningspunten heeft. Zo'n logschaal werkt uitstekend, met name wanneer men daarnaast een logboekje bijhoudt, waarop men de aflezing van de schaal kan noteren, alsmede de aangekondigde frekwentie van het station, en de tijd van de dag waarop ontvangst plaatsvond. Het is immers zó dat veel kortegolfzenders noodgedwongen van een groot aantal verschillende frekwenties gebruik moeten maken, omdat de originele eigen frekwenties door anderen zijn bezet.
Wie een logboek bijhoudt en daarin zijn schaalaflezing noteert, kan op den duur precies een willekeurige frekwentie op de afstemschaal instellen, omdat hij beschikt over een groot aantal ijkpunten. Dit nu is bij kortegolfontvangst uitermate belangrijk. Immers, men krijgt toch mettertijd zijn favoriete stations en het is van groot belang om deze steeds te kunnen terugvinden.
Veel internationale kortegolfstations geven bovendien eenvoudige programmagidsen uit, waarin de frekwenties en bijbehorende golflengten, waarop het station uitzendt, zijn opgenomen. Men krijgt zo'n programmaboekje gewoonlijk kosteloos toegezonden. Een enkel station – met een groot luisterpubliek – zal een kleine vergoeding eisen, teneinde er althans enigszins zeker van te zijn dat men zijn abonnement zal opzeggen wanneer de belangstelling is verminderd.
De verfijningen van het afstemmen en de compensatie van bepaalde verschijnselen went men zich uit ervaring aan, wanneer althans de principiële werking van de schakelingen bekend is. Knoppen voor de „noise limiter", AVR-tijdconstante, bandbreedte, fijnafstemming, notch-filter e.d. worden naar behoefte gebruikt. Bij de meeste huiskamerontvangers, waarop deze regelaars niet voorkomen, zal men de toonregeling(en) hard nodig hebben om allerlei getjilp bij slechte ontvangst althans gedeeltelijk te kunnen verzwakken.
De contacten die sommige luisteraars met bepaalde kortegolfomroepstations onderhouden, zijn reeds even ter sprake geweest. De meeste internationale

kortegolfstations hebben een vrij uitvoerig correspondentiepakket met de luisteraars. Er zijn mensen die elke maand schrijven, maar het komt ook geregeld voor dat men één s per twee jaar eens een briefje krijgt. De aanleiding van de correspondentie is vaak van persoonlijke aard: men is geïnteresseerd in het programmablad, men heeft een technisch probleempje met de ontvanger of met de antenne, men heeft kritiek op een bepaald programma of is er juist door getroffen, enz. De meeste kortegolfstations verwelkomen deze correspondentie om twee redenen; in de eerste plaats omdat het contct met de luisteraar op geen andere wijze tot stand kan komen en in de tweede plaats omdat men op die manier informatie krijgt over de ontvangstkwaliteit van de uitzendingen. Dat laatste nu is zeer belangrijk. Immers, er is geen onmiddellijke terugmelding over de ontvangst, de technici kunnen het zelf vaak niet controleren omdat de omstandigheden en de storingen „een werelddeel verder" totaal anders liggen. Toch wil men graag van elke uitzending en van elk daarvoor gebruikte frekwentie weten hoe die gemiddeld wordt ontvangen.

De ontvangst-informatie wordt bij de meeste stations ook statistisch verwerkt en van week tot week bijgehouden. Bij sommige grote stations worden zelfs computers ingeschakeld om uit de veelheid aan informatie de juiste conclusies t.a.v. de ontvangst te kunnen maken. Zou deze conclusie zijn dat de ontvangst slecht is door storing van andere zenders, dan zal men zich gaan beraden op een frekwentiewijziging, óf op een klacht naar de stoorder (dan wel aan een internationaal coördinerend bureau te Genève). Soms kan de storing, desondanks, maanden aanhouden voordat er een oplossing voor wordt gevonden; dat hangt af van de samenwerking tussen de elkaar op de gestoorde frekwentie beconcurrerende stations en soms van andere oorzaken als „oudere rechten" op de frekwentie, traagheid bij de afwikkeling, zendertechnische beperkingen en dergelijke.
Een aantal storingen van mindere aard worden eigenlijk oogluikend toegelaten, omdat men zich realiseert dat er geen oplossingen voor mogelijk zijn; de zenderdichtheid op de korte golf is langzamerhand zó toegenomen dat men van een drievoudige overbelasting kan spreken.
Om die reden zien vele stations zich dan ook genoodzaakt om de vermogens van hun zenders op te voeren. Waar 20 jaar geleden nog werd verondersteld dat een draaggolfvermogen van 100 kW wel als maximum voor kortegolfzenders mocht worden aangehouden, weet men nu dat het aantal 250-500 kW-zenders al in de honderden loopt en nog toeneemt. De grote vermogens bij de kortegolf-omroep zijn uit nood geboren; men wil gehoord worden en ziet geen andere, meer elegante oplossing om de storing van naburige kanalen of zelfs op het eigen kanaal te verminderen.
Naast de investering in grote zenders, blijft de „engineering" van de frekwenties een grote rol spelen. Dagelijks zitten de propagatiedeskundigen gebogen over de ontvangstinformatie en wordt gekeken hoe men de gestadig verslechterende omstandigheden het beste het hoofd kan bieden. De ontvangstrapporten van de

luisteraars zijn daarbij van groot belang, vooral wanneer het goede rapporten zijn.
De vraag die zich opdringt is wát men dan wel in een ontvangstrapport moet opnemen.
Een goed rapport zal niet tot één waarneming beperkt blijven, maar een verzameling van enkele waarnemingen zijn, die bijvoorbeeld verdeeld zijn over enkele dagen, steeds op ongeveer hetzelfde tijdstip. Op die manier middelt men de momentele variaties in de propagatie uit, zodat een goed inzicht in de gemiddelde ontvangstkwaliteit wordt verkregen.
Voor een radiostation zijn de volgende gegevens van belang:

de datum (data) van ontvangst;
het uur van ontvangst;
de frekwentie en/of golflengte;
de kwaliteit van de ontvangst;
enige programmadetails;
globale gegevens over de ontvanginstallatie.

De meeste hiervan spreken voor zichzelf. De programmagegevens zijn nodig ter verificatie van het rapport. Immers, het kan gemakkelijk voorkomen dat men meent naar station A te luisteren, terwijl men in werkelijkheid het naastliggende station B te pakken heeft. De programmadetails vormen dan een eenvoudige controlemogelijkheid, met name wanneer de luisteraar weet dat hij of zij enkele gemakkelijk herkenbare zaken moet noteren.
De gegevens over de eigen ontvanginstallatie kunnen summier worden gehouden. Van belang voor het station is onderscheid te kunnen maken tussen b.v. een eenvoudige en een behoorlijke ontvanger voor huishoudelijk gebruik, dan wel een semi-communicatie-ontvanger of misschien zelfs een volledig professionele radio. Ook is het belangrijk om kort het antennetype op te geven; met name of men van een binnen- of een buitenantenne gebruik maakt.

Het juist noteren van de ontvangstkwaliteit is een belangrijke zaak. Hiervoor bestaan een aantal „codes" of manieren, waaronder de Q-code, de RST-code en de SINPO-code. Laatstgenoemde is internationaal aanbevolen en wordt ook het meest gehanteerd. Veel amateurs maken echter nog gebruik van de RST-code, die in wezen een telegrafiecode is. De RST-code is vermoedelijk zo hardnekkig omdat er, met name in de Verenigde Staten, nog vele fabrikanten zijn die de signaalsterktemeters van hun ontvanger in „S"-eenheden hebben geijkt; d.w.z. dat de schalen van deze meters een onderverdeling hebben van S1 tot en met S9, met daar boven de indicaties „+20 dB" en „+40 dB". In de RST-code staat de „R" voor „readability" of leesbaarheid, de S voor „signal strength" of signaalsterkte en de T voor „tone". De term „leesbaarheid" wordt ook in Nederland als zodanig gebruikt en geeft aan de „neembaarheid" of kwaliteit van het signaal. De signaalsterkte is, zoals reeds uit de onderverdeling op de meter blijkt, in 9 verschillende

door met zo min mogelijk tijd en moeite nuttige informatie kan worden overgeseind.
Er zijn enige lettercombinaties die voor ontvangstmelding kunnen worden gebruikt. Zo gebruikt men bij rapportage wel QSA voor signaalsterkte, QRM voor interferentie, QRN voor ruis (met name static) en QRK voor de neembaarheid. Bij de Q-code worden dezelfde 5-cijfer-waarderingen gebruikt die in de SINPO-waarderingen gebruikelijk zijn. Zo kan men, ook in een brief, een rapportage tegenkomen die is gekarakteriseerd met OSA4, QRM3 of QRK3, in plaats van SIO433.
Een aantal voorbeelden van de Q-code in antwoordende zin zijn op blz. 131 opgenomen. Er zijn ook een aantal, bij amateurs gebruikelijke, afkortingen bijgevoegd, zodat degene die zich het morse-alfabet heeft eigen gemaakt, in staat wordt gesteld om amateur-QSO's te volgen.
Eén combinatie uit de Q-code kennen vrijwel alle kortegolfluisteraars. Dat is ,,QSL''. In vragende zin betekent QSL: ,,Kunt u de ontvangst bevestigen''. In antwoordende zin luidt QSL: ,,Ik bevestig de ontvangst''. De wijze waarop de ontvangst wordt bevestigd, is bij amateurs vaak origineel; men stuurt een kaart waarop, behalve de strikte gegevens als datum, frekwentie en tijd die betrekking hebben op de ontvangst, óók een originele tekening of prent voorkomt. Dit is de QSL-kaart.
Deze wijze van ontvangstbevestiging van rapporten is door zeer vele kortegolfstations overgenomen. De QSL-kaart is voor de luisteraar vaak de motivering om te schrijven en het rapport gaat in dat geval dan ook vergezeld van het verzoek om verificatie van het rapport, dan wel het verzoek om een QSL.
Het verzamelen van QSL-kaarten is één van de vele hobbies die jonge mensen vaak een tijdlang bedrijven en en die door sommigen tot op hoge leeftijd wordt voortgezet. De radiostations weten dit en geven periodiek nieuwe QSL-kaarten uit, zodat de verzamelingen steeds weer kunnen worden aangevuld. De looptijd van een QSL varieert van station tot station, doch gebruikelijk is 3 à 12 maanden.
Bij het rapporteren naar kleine stations, waarvoor internationale luisteraars helemaal geen doel zijn, is het zinvol om tevoren de portokosten van de verificatie te voldoen. Dit kan d.m.v. een zgn. IRC (international reply coupon, internationale antwoordcoupon) die in vele landen op de postkantoren te koop zijn en waarvan er één bij zo'n rapport kan worden ingesloten. Het ontvangende station kan de IRC dan op het postkantoor tegen een postzegel van de aangegeven waarde inleveren en is daardoor in staat om de verificatie-brief of de QSL-kaart kosteloos te versturen.

Het is óók mogelijk om een rapport te maken door middel van een bandopname. Hiertoe wordt de bandrecorder of de cassetterecorder aangesloten op de bandrecorderaansluiting of diode-uitgang van de ontvanger. Wanneer deze niet aanwezig is, kan ze door elke radiohandelaar op eenvoudige wijze en tegen weinig kosten worden aangebracht. De diode-uitgang maakt het mogelijk om het radiogeluid onvervormd, dus zonder luidspreker en microfoon, op de band op te ne-

men. Op die manier kan het radiostation zich zélf een oordeel van de ontvangst en van eventuele storende zenders vormen.
Rapportage op band lijkt echter mooier dan het is, omdat het afluisteren van de band op het radiostation een tijdrovende bezigheid is en de verkregen gegevens vaak veel sneller kunnen worden verwerkt wanneer ze per brief worden verstrekt. Het rapporteren op band kan een geweldige oplossing zijn wanneer er sprake is van een door de luisteraar niet te identificeren storing, waarin het zendende station erg is geïnteresseerd. Voor het overige wordt geadviseerd om bandrapportage van de ontvangst alleen in overleg met het station te verzorgen. Commentaar op het opgenomen programma, alsmede enkele gegevens betreffende tijd, frekwentie en datum, dienen onmiddellijk vóór of onmiddellijk ná de opname te worden geregistreerd. Gewoonlijk is het voor één waarneming voldoende om ca. 60 seconden programma op een karakteristiek moment te registreren.
Veel kortegolfstations voorzien op een aantal manieren aan hun behoefte in ontvangstrapporten. Eén ervan, het dagelijks onderzoek van de binnenkomende post, is al genoemd. Een andere methode is het aantrekken van een aantal trouwe luisteraars als zgn. monitorposten, dat zijn posten die één bepaalde uitzending dagelijks volgen en de ontvangst noteren, waarna het verzamelrapport periodiek, b.v. maandelijks, naar het station wordt gezonden. Daarnaast hebben een aantal kortegolfstations ook uitwisseling van monitorrapporten met collegae, terwijl er voorts privé-ondernemingen bestaan waar men tegen betaling de gewenste ontvangstgegevens kan betrekken.

In het hobbyvlak wordt kortegolf-luisteren bedreven door mensen die zich DX-ers noemen. DX is de telegrafie-afkorting voor ,,afstand'' (distance), zodat het de DX-ers kennelijk te doen is om ontvangst op grote afstand te realiseren.
De hobby kent verschillende vormen. Eén ervan is het verzamelen van QSL-kaarten en een goede DX-er is, nadat hij een basisverzameling QSL-kaarten van de meest bekende stations heeft, vaak avonden op jacht naar één bepaald station, waarvan hij weet dat het van ,,zus tot zó laat'' in de lucht is op ,,die en die'' frekwentie.
DX-ers zijn vaak verenigd in – meest lokale of regionale – verenigingen, die DX-Clubs heten. De onderlinge communicatie tussen de leden van een club vindt vaak plaats via de telefoon en door middel van het periodiek verschijnende ,,Clubblad'' van de vereniging. Er zijn honderdden van deze clubs op de wereld en de kortegolfluisteraar die zich tot deze vorm van KG-luisteren aangetrokken voelt, kan het beste via één van de radiostations waarmee hij contact heeft het adres opvragen van een DX-Club. Sommige van deze Clubs dragen ook bij in speciale radioprogramma's die een aantal kortegolfstations voor deze categorie luisteraars brengen. Deze programma's heten ,,DX-programma's''.
Het nut van de DX-Club voor de leden DX-ers is niet te onderschatten, vooral niet als het een actieve vereniging is die, behalve algemeen technische raadgevingen, ook nieuwe ontvangsten en frekwentiewijzigingen van radiostations in haar blad

opneemt. Op deze wijze is de DX-er vaak zeer snel geïnformeerd over wat zich in het hoogfrekwent-spectrum afspeelt.
Ook buiten de omroepbanden is er veel waarvoor de DX-er zich kan interesseren. Zo kent men „Utility-DX'', dat zich voornamelijk richt tot de vaste diensten,en ook amateurband-DX. De satelliet-DX is een nieuwe vorm, vaak speciaal gericht op weersatellieten, maar de apparatuur die hiervoor nodig is, wordt kostbaar en werkt bovendien op frekwenties die de 30 MHz zwaar te boven gaan.
Ten aanzien van Utility-DX moet worden opgemerkt dat men weliswaar de boodschappen mag volgen en beluisteren, doch men mag de inhoud van die boodschappen niet publiceren. Een dergelijke beperking geldt t.a.v. omroep-DX of amateur-DX niet.
Amateur-DX kan vaak zeer de moeite waard zijn, maar men moet de beschikking hebben over een stabiele ontvanger die over voldoende bandspreiding beschikt en bovendien geschikt is voor de ontvangst van enkelzijband (SSB)-signalen.
De amateurbanden zijn, samen met de omroepbanden, in hoofdstuk 1 opgesomd. De belangrijkste zijn de 14 en de 21 MHz-band, ofwel de 20 en 15 m-band, waar men vaak interessante gesprekken kan volgen en op die wijze een goede indruk krijgt van de lokale omstandigheden van de betrokkenen, alsmede van de apparatuur die ze gebruiken.
Het DX-en van de amateurbanden is charmant, omdat de calls meestal kort zijn, de nationaliteiten legio, de gebruikte zendvermogens klein en de amateurs sympatiek. Aan de hand van de opgave op blz. 132 kan men aan de roepletters het land herkennen waar de amateur thuishoort. Dit zijn de eerste letters of de eerste letter van de roepnaam. Voor Nederland worden b.v. de letters PA, PD, PE en PI gebruikt.
Een amateur die een algemene oproep doet, gebruikt de letters CQ (call quick), meestal drie maal achter elkaar, waarna hij zijn eigen roepnaam enkele keren herhaalt en dan luistert of er reactie is. De daarbij gebruikte standaarduitdrukkingen als „over'', „standing-by'', „go'' enz. klinken snel vertrouwd, zodat men na enig luisteren al in staat is de conversatie te volgen.
In een aantal landen hebben DX-Clubs zich verenigd in DX-federaties. Dit is met name in Zweden het geval. Zweden is het land waar de kortegolf-hobby, wellicht mede tengevolge van de geringe bevolkingsdichtheid en de lange winters, altijd erg populair is geweest. Daarnaast groeit de hobby in vele landen, waaronder met name Duitsland en de Verenigde Staten. In Europa bestaat, als overkoepelend orgaan voor de verenigingen, de European DX Council (EDXC), die zich vooral richt op het vastleggen van normen voor de DX-ers.
En zo biedt de korte golf, juist omdat dit frekwentiebereik zich zo uitstekend leent voor wereldwijde overdracht van radiosignalen, een groot aantal mogelijkheden voor ontspanning en informatie; voor het leren van talen, het luisteren naar exotische muziek, het beluisteren van opinies rechtstreeks van de bron, het bedrijven van hobbies en het reizen via de wereldether in de luie stoel. Met het oog op al die activiteiten werd deze gids dan ook geschreven.

BIJLAGEN

Bijlage 1

Koperdraad-vergelijkingstabel

Globale diameter (mm)	AWG (Amerikaans)	SWG (Engels)
1,6	14	16
1,3	16	18
1	18	19
0,8	20	21
0,6	23	24
0,5	24	25
0,4	26	27
0,3	28	30

Bijlage 2

Internationaal spel-alfabet

A – Alfa
B – Bravo
C – Charlie
D – Delta
E – Echo
F – Foxtrot
G – Golf
H – Hotel
I – India
J – Juliett
K – Kilo
L – Lima
M – Mike
N – November
O – Oscar
P – Papa
Q – Quebec
R – Romeo
S – Sierra
T – Tango
U – Uniform
V – Victor
W – Whisky
X – X-Ray
Y – Yankee
Z – Zulu

Resonantie van parallelkringen

De resonantiefrekwentie wordt bepaald door de zelfinductie van de spoel en de capaciteit van de condensator, volgens de formule:

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Drukt men L uit in μH en C in pF, dan volgt de waarde van f_r in kHz wanneer de formule wordt gehanteerd:

$$f_r = \frac{159\,000}{\sqrt{L \cdot C}}$$

$1\ \mu H = 10^{-6}\ H$
$1\ pF = 10^{-12}\ F$
$\pi = 3{,}14$

Enige praktische voorbeelden, gebaseerd op zelfgewikkelde spoelen met een kerndiameter van 16 mm (5/8"), waarbij de wikkellengte zoveel mogelijk gelijk wordt gehouden aan de spoeldiameter (zgn. vierkante wikkeling).

Aantal windingen (kern 16 mm Ø)	Zelfinductie (μH)	Parallel-capaciteit (pF)	Globale resonantie-frekwentie (MHz)
6,5	0,44	100	25
		200	18
12	1,5	45	20
		80	15
		180	10
19	4	30	15
		65	10
		180	6
(kern 50 mm Ø)			
6	1,25	55	20
		100	15
8	2,5	27	20
		47	15
		100	10
10	4,5	25	15
		55	10
		100	7,5
16	8,6	30	10
		80	6

Bijlage 4

De decibel: een methode om verhoudingen tussen gelijksoortige grootheden aan te geven.

Voor *vermogens* geldt:

$$\text{het aantal dB's} = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

Voor *spanningen* en *stromen* geldt, bij gelijke weerstand:

$$\text{het aantal dB's} = 20 \log \frac{U_1}{U_2}$$

in tabelvorm:

dB	Vermogens-verhouding	Spannings-verhouding
1	1,259	1,122
2	1,585	1,259
3	1,995	1,413
4	2,512	1,585
5	3,162	1,778
6	3,981	1,995
7	5,012	2,239
8	6,310	2,512
9	7,943	2,818
10	10,000	3,162
12	15,849	3,981
15	31,623	5,623
20	100,000	10,000
30	1000,000	31,623

Bijlage 5

Vergelijking tussen de signaalsterkte-waarderingen volgens de RST-code en de SINPO-code

Signaalsterkte		RST-code (S-eenheden)	SINPO-code (S-waardering)
μV/m	dB boven 1 μV/m		
0,5	–	1	–
1	0	2	–
1,5	4	3	1
3	10	4	1
5	14	5	1 à 2
10	20	6	2
15	24	7	2
30	30	8	2 à 3
50	34	9	3
100	40		3
500	44	9 + 20 dB	4
1000	60		4 à 5
2500	68		5
5000	74	9 + 40 dB	5

Bijlage 6

Ingangsimpedantie van gevouwen dipolen bij verschillende diameter van de parallelgeleiders

Verhouding diameter bovengeleider/dipool	Afstand v/d geleiders / diameter bovengeleider	Impedantie (Ω)
0,5	10	230
	5	210
1	5	300
	10	300
	20	300
1,5	10	330
	15	340
2	10	375
	15	360
3	10	420
	15	405
4	10	450
5	10	480
6	10	510

Werkelijke lengte van dipool-antennes

Verhouding lengte/diameter	Verkortingsfactor (%)
500	5,4
1000	4,5
2000	4
5000	3
10 000	2

Bijlage 7

Het afregelen van ontvangers

Het komt geregeld voor dat radio-ontvangers, na enige tijd in gebruik te zijn geweest, schaalafwijkingen gaan vertonen: de schaalaanwijzing stemt niet meer overeen met de golflengte van het gehoorde station.
Er zijn verschillende mogelijke oorzaken van dit verschijnsel. Zo kan de overbrenging van de afstemknop naar de afstemcondensator (waarmee de wijzer is gekoppeld) een zekere slip vertonen, wat de aflezing onnauwkeurig maakt. Ook

is het mogelijk dat de waarde van een aantal onderdelen, door veroudering van het materiaal, iets wijzigt, waardoor b.v. afwijkingen van de opgewekte oscillatorfrekwentie ontstaan, die men in de schaalaflezing kan terugvinden.
Wie zich aan deze verschijnselen ergert, kan ze laten corrigeren. De correctie van een slippende koppeling is een mechanische zaak, die gewoonlijk op een vrij eenvoudige wijze is op te lossen. Men kan een slippende koppeling van de afstemeenheid constateren doordat de schaalafwijking over de gehele schaal hetzelfde is.
Wanneer de afstemfout aan de uiteinden van de schaal duidelijk verschilt, zal de eerder genoemde correctie van enkele afgestemde kringen aan de orde zijn.
Het wordt in het algemeen niet aanbevolen om het bijtrimmen van een ontvanger zelf ter hand te nemen, wanneer men daarin geen ervaring heeft. Desondanks is het nuttig dat men weet hoe dit behoort te gebeuren.
Voor dit werk moet men de beschikking hebben over een hoogfrekwent-signaalgenerator (service-oscillator), bij voorkeur een type waarbij de draaggolf kan worden gemoduleerd (ca. 30% modulatiediepte) met een toon.
De luidspreker wordt losgekoppeld, waarbij men deze aansluiting vervangt door een (zware) weerstand, die dezelfde waarde heeft als de luidsprekerimpedantie.
Een buisvoltmeter wordt parallel aan deze weerstand gekoppeld.
De volumeregeling van de ontvanger wordt vervolgens op „luid" gedraaid en de klankregelaar op „hoog". De ontvanger is dan (nadat ze uit de kast is genomen) gereed om te worden bijgetrimd.
Het is mogelijk de middenfrekwentfilters af te regelen, doch dit is zelden nodig en heeft niets uitstaande met afwijkingen in de schaalaflezing.
Het afregelen van de middenfrekwent-transformatoren geschiedt door het injecteren van een signaal in dit circuit (met losgekoppelde antenne), dat gelijk is aan de middenfrekwentie van de ontvanger. Vervolgens worden de kernen van de spoelen met behulp van een trimsleutel van isolerend materiaal op maximale meteruitslag geregeld. Beter nog is het om met behulp van een sweep-generator en een oscilloscoop de doorlaatkromme te bekijken, doch veel reparateurs hebben niet de beschikking over zo'n generator.
Van belang voor de schaalafwijking is de correctie van de hoogfrekwentkringen. Daarbij moeten alle golfbereiken systematisch worden doorgewerkt.
Voor dit werk is een servicedocumentatie van de ontvanger nodig. Hierin staan n.l. de trimpunten aangegeven: de frekwenties waarop men de signaalgenerator achtereenvolgens moet afstemmen en waarop de wijzer dan moet worden gebracht door correcties aan de spoelen of condensatoren van de verschillende antenne- en oscillatorschakelingen.
De correcties worden voor elk golflengtebereik op *twee* punten van de schaal uitgevoerd. Steeds wordt, voor het trimpunt op de *lage* frekwentie van de schaal, de spoelkern met behulp van een trimsleutel aangepast. Voor het trimpunt op de *hoge* frekwentie van de schaal wordt de trimmercondensator verdraaid. Elke behandeling moet enkele keren worden herhaald, omdat de beide afstemorganen van dezelfde kring (spoelkern en trimmercondensator) elkaar beïnvloeden.

De goede trimvolgorde per golflengteband is: oscillatorspoel, oscillatortrimmer, antennespoel en antennetrimmer. Per band wordt de signaalgenerator dus 4 × afgestemd, op 4 verschillende frekwenties die in de ontvangerdocumentatie worden genoemd. De wijzigingen van de oscillatorfrekwentie zullen blijken veel kritischer te zijn dan de aanpassingen van de antennekringen. Steeds wordt, op de beschouwde frekwentie, geregeld op maximum-meteruitslag bij een juiste positie van de wijzer.
Het goed afregelen van een ontvanger is een nauwkeurig en daardoor vrij langdurig werk, waarvoor zelfs een ervaren technicus wellicht enkele uren nodig kan hebben.

Bijlage 8

Frekwentietoewijzingen voor de ruimtevaart en het ruimte-onderzoek, tot 500 MHz

Frekwentie (MHz)	Omschrijving
18,052 – 18,068	ruimte-onderzoek
30,005 – 30,010	satelliet-identificatie ruimte-onderzoek
136 – 137	ruimte-onderzoek (satelliet naar aarde)
137 – 138	ruimte-onderzoek (id) telemetrie en volgen
143,6 – 143,65	ruimte-onderzoek (satelliet naar aarde)
149,9 – 150,05	satelliet-radionavigatie
267 – 273	telemetrie
399,9 – 400,05	radionavigatie-satelliet
400,05 – 400,15	standaard-frekwentie satelliet
400,15 – 401	meteorologische satelliet (technische telemetrie) ruimte-onderzoek (telemetrie en volgen)
401 – 402	telemetrie meteorologische satelliet (satelliet naar aarde)
402 – 403	meteorologische satelliet (satelliet naar aarde)
406 – 406,1	mobiele satelliet (satelliet naar aarde)
460 – 470	meteorologische satelliet (satelliet naar aarde)

Bijlage 9

Enkele standaard frekwentie- en tijdstations

Argentinië

LOL	Costanera 2099, Buenos Aires frekwenties: 5000 kHz, 10 000 kHz, 15 000 kHz

Canada

CHU — National Research Council, Ottawa, Ont.
frekwenties: 3330 kHz, 7335 kHz, 14 670 kHz

Duitsland (Oost)

DIZ — Central Earth Physics Institute,
Potsdam DDR-15
frekwentie: 4525 kHz

Duitsland (West)

DCF-77 — Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig
frekwentie: 77,5 kHz

Engeland

National Physical Laboratory
Teddington, Middlesex
frekwenties: 60 kHz, 2500 kHz, 5000 kHz, 10 000 kHz

Frankrijk

Bureau International de l'Heure
Avenue de l'Observatoire, Paris
frekwenties: 7428 kHz, 10 775 kHz, 13 873 kHz

Japan

JJY — Radio Research Laboratories
Tokio
frekwenties: 2500 kHz, 5000 kHz, 10 000 kHz, 15 000 kHz

USA

WWV — National Bureau of Standards
Boulder, Colorado
frekwenties: 2500 kHz, 5000 kHz, 10 000 kHz, 15 000 kHz, 20 000 kHz,
25 000 kHz

USSR

RWM — Comité d'Etat des Normes
Leninski Prospekt, Moskou
frekwenties: RWM 10 000 kHz, 15 000 kHz
RAT 2500 kHz, 5000 kHz
De stations RIM en RCH te Tashkent werken op dezelfde frekwenties

Zuid-Afrika

ZUO — National Physical Research Laboratory, C.S.I.R.
Pretoria
frekwenties: 2500 kHz, 5000 kHz, 100 MHz

Bijlage 10

DX-termen en -afkortingen

ABT	about – ongeveer
ADR	address – adres
ANT	antenne
BCI	broadcast interference – omroep-interferentie
BCL	broadcast listener – omroep-luisteraar
CK	check – controleer
CQ	calling any station – algemene oproep
CW	continuous wave – telegrafie
DX	distance – afstand, vreemde landen
GA	go ahead – ga Uw gang
GB	good-by, tot ziens
GE	good evening – goeden avond
GM	good morning – goede morgen
GN	good night – goede nacht
GND	ground – aarde
HI	telegrafische lach
MSG	message – bericht
NR	number – nummer
OB	old boy – goede vriend
OM	old man – goede vriend
PSE	please – alstublieft
PWR	power – vermogen
RCVR, RX	receiver – ontvanger
RFI	radio frequency interference – RF-interferentie
RTTY	radioteletype – telex over radio
SIG	signal, signature – signaal, handtekening
SRI	Sorry
TNX	Thanks – dank U
TVI	television interference – TV-interferentie
WX	weather – weer
XMTR, TX	transmitter – zender
XTAL	crystal – kristal
XYL	wife – echtgenote
YL	young lady – meisje, mej.
73	best regards – hartelijke groeten
88	love and kisses

QRG	Uw juiste frekwentie is ... kHz
QRK	de leesbaarheid van Uw signaal is ...

QRM	Uw uitzending wordt ... gestoord
QRN	Uw hebt last van ... static
QSA	De sterkte van Uw signaal is ...
QSB	Uw signalen hebben last van fading
QSL	Ik verifieer de ontvangst
QSW	Ik ga zenden op ... kHz
QTH	Mijn lokatie is ...

Bijlage 11

Beknopte amateur-landenlijst

AP – Pakistan
BV – Taiwan
BY – China
C3 – Andorra
CE – Chili
CM, CO – Cuba
CN2, CN8, CN9 – Marokko
CP – Bolivia
CR6 – Angola
CR7 – Mozambique
CT1 – Portugal
CX – Uruguay
DA, DJ, DK DK, DL, DM – Duitsland
EA – Spanje
EI – Ierland
F – Frankrijk
G – Engeland
GM – Schotland
GW – Wales
HA, HG – Hongarije
HB – Zwitserland
HB – Liechtenstein
HC – Ecuador
HH – Haïti
HI – Dominicaanse republiek
HK – Colombia
HP – Panama
HR – Honduras
HS – Thailand
HV – Vatikaanstad
HZ, 7Z – Saudi-Arabië
I, IT – Italië
JA, JR, JH, KA – Japan
JT – Mongolië
JY – Jordanië
K, W – Verenigde Staten
LA, LG – Noorwegen
LU – Argentinië
LX – Luxemburg
LZ – Bulgarije
OA – Peru
OE – Oostenrijk
OH, OF – Finland
OK, OL – Tsjecho-Slowakije
ON – België
OZ – Denemarken
PA, PD, PE, PI – Nederland
PJ – Ned. Antillen
PY – Brazilië
PZ1 – Suriname
SK, SL, SM – Zweden
SP – Polen
SU – Egypte
SV – Griekenland
TA – Turkije
TG – Guatemala
TI – Costa Rica
UA, UK1, UK3, UK4, UK6, UV, UW1-6, UN1 – Europees Rusland
UB5, UK5, UT5, UY5 – Ukraïne
VE – Canada
VK – Australië

VP1 – Brits Honduras
VU – India
XE, XF – Mexico
YB – Indonesië
YI – Irak
YK – Syrië
YO – Roemenië
YU, YT – Joegoslavië
YV – Venezuela
ZL – Nieuw Zeeland
ZP – Paraguay
ZS1, ZS2, ZS4, ZS5, ZS6 – Zuid-Afrika
3V8 – Tunis
4U – ITU Genève
4X, 4Z – Israël
5A – Lybië
5N2 – Nigeria

Bijlage 12

Adressen van enkele bekende fabrikanten van radio-ontvangers

A.E.G.-Telefunken
Göttinger Chaussee
Hannover
W.Duitsland

Barlow Manufacturing Co
New Germany, Natal
Zuid Afrika

Blaupunkt Werke GmbH
3200 Hildesheim
W.Duitsland

Collins Radio
International Division
Dallas Texas
U.S.A.

R.L. Drake Co
540 Richard Street
Miamisburg, Ohio 45342
U.S.A.

Eddystone Radio Ltd.
Alvechurch Rd
Birmingham 31
Engeland

Galaxy Manufacturing Co
Santa Fe Springs, Cal.
U.S.A.

Grundig Werke GmbH
8510 Fürth, Beiern
W.Duitsland

Hammarlund
Mars Hill, N.C.
U.S.A.

Heath Company
Benton Harbor, Mi 49022
U.S.A.

National: Matsushita Electric
Central P.O. Box 288
Osaka 530/91
Japan

Norddeutsche Mende Rundfunk
Bremen-2 Postfach 8630
W. Duitsland

Philips Nederland B.V.
Boschdijk
Eindhoven

Sony Corporation
6-351 Kita-Shinagawa-Ku
Tokyo
Japan

Zenith Radio Corp.
International Division
1900 North Austin Ave
Chicago 60639
U.S.A.

Bijlage 13

Literatuuroverzicht

Algemeen

The Radio Amateur's Handbook
ARRL, Newington Conn 06111, U.S.A.

Radio Communications Handbook
RSGB, 35 Doughty St, London WC-1, Engeland

Amateurfunk-Handbuch
Werner W. Diefenbach, Franzis Verlag

Taschenbuch der Hochfrequenztechnik
Meinke/Grundlag, Springer Verlag

Antennes

Antennas
J. D. Kraus, McGraw Hill

Antenna Engineering Handbook
H. Jasik, McGraw Hill

Radiogolven
J.F. van Oort, Kluwer

ARRL Antenna Book
ARRL, Newington, Conn 06111, U.S.A.

Antenna Roundup
art. Seidman

Propagatie

Ionospheric Radio Propagation
Kenneth Davies, US Government Printing Office, Washington DC

Bijlage 14

12 -11 -10 -9 -8 -7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 GMT +1 +2 +3 +4 +5 +6 +7 +8 +9 +10 +11 12

Het was nog niet bij velen bekend dat de kortegolfomroep zich heeft ontwikkeld tot een wereldwijd gebeuren. Van de beschikbare capaciteit in het kortegolfgebied wordt 20% gebruikt door omroeporganisaties en amateurs.
Meer dan 2000 omroepzenders zijn werkzaam in acht golflengtegebieden tussen 10 en 50 meter. Ze bieden 24 uur per etmaal een enorme keuze aan verstrooiing en educatie.
Dat het luisteren naar kortegolfuitzendingen voor verscheidene doeleinden, waaronder hobby, sterk toeneemt, blijkt onder meer uit het grote aantal brieven aan kortegolfstations, de toename van leden van hobbyclubs op dit gebied, de grotere stroom tijdschriftartikelen en krantеberichten.
Dat de beoefenaren van de hobby, de geïnteresseerde leek en anderen meer kennis en inzicht willen verwerven, blijkt onder meer uit de succesvolle verkoop van het eerste boek van de schrijver dat in diverse talen werd vertaald.
Dit nieuwe werk, dat geheel aan de stand van de ontwikkeling is aangepast, zal zonder twijfel wederom een grote schare lezers tot voldoening stemmen.
De auteur is reeds meer dan twintig jaren actief werkzaam in het kortegolfgebied en mag zich naast grote kennis en praktijkervaring ook verheugen in een internationale kring van bekenden en relaties.
Al deze omstandigheden hebben eraan meegewerkt dat hij thans met een welgesneden pen een beknopte, praktische en goede handleiding aan de lezer kan voorleggen.

ISBN 90 201(